

Lari Hietapakka

Crestron- ja KNX-järjestelmien esittely ja vertailu asuinhuoneiston sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

5.5.2015

Alkulause

Kiitän työni ohjaajaa suunnittelujohtajaa ins. Jukka Korhosta aiheen esittelystä ja neuvoista. Kiitän myös Digital AV Control Oy:n toimitusjohtajaa Toni Sarjalaa ja LJM Sähkö Oy:n Jukka Mäkistä saamastani avusta ja haastatteluista.

Lisäksi kiitän työni ohjaajaa, lehtori Jarno Nurmiota Metropolia Ammattikorkeakoulusta.

Lari Hietapakka

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Lari Hietapakka Crestron- ja KNX-järjestelmien esittely ja vertailu asuinhuoneiston sähkösuunnittelussa 49 sivua 5.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Suunnittelujohtaja Jukka Korhonen Lehtori Jarno Nurmio
<p>Insinöörityössä on esitelty kaksi erilaista digitaalista järjestelmäkokonaisuutta ja vertailtu niiden käyttöä asuinhuoneiston sähkösuunnittelussa. Työssä perehdytään KNX-standardia noudattavaan järjestelmään sekä Crestron-yrityksen valmistamaan kiinteistöautomaatio-ohjausjärjestelmään.</p> <p>Aluksi työssä on esitelty järjestelmien taustat ja niiden toimintaperiaatteet. Tämän jälkeen molemmilla järjestelmillä suunniteltiin mallina toimivaan asuinhuoneistopohjaan sähköistys osakokonaisuus kerrallaan. Osakokonaisuuksina työssä toimivat esimerkiksi valaistus, verhojen ohjaus ja lattialämmitys. Lopuksi työssä kerrottiin järjestelmien ohjelmoinnista ja käyttöönotosta.</p> <p>Lopputuloksena syntyi kaksi hieman erilaista mahdollisuutta toteuttaa asunnon sähköistys käyttäen digitaalista järjestelmäkokonaisuutta.</p> <p>Crestron-järjestelmän tapauksessa tuotteet todettiin helppokäyttöisemmiksi, jonka lisäksi järjestelmän havaittiin keskittyvän enemmän kodinviihde-elektroniikan ohjauksiin. Crestro-nin käyttöönotto osoittautui myös käyttäjäystävällisemmäksi, kuin KNX:n vastaava.</p> <p>KNX-standardia noudattavassa järjestelmästä taas löytyi useita valmistajia joiden komponentit kävivät yhteen ja toivat näin enemmän valinnanvaraa ja mahdollisuuksia kohteen suunnitteluun ja toteutukseen.</p> <p>Järjestelmien vertailua vaikeutti niiden eri osiin painottuvat vahvuudet. Myös järjestelmien nopea kehittyminen aiheutti vertailun ajankohtaisuudelle haasteita.</p>	
Avainsanat	Crestron, KNX, Digitaaliset järjestelmät

Author Title Number of Pages Date	Lari Hietapakka Introduction and Comparison of Crestron- and KNX-Systems in Residential Electrical Design s. 49 5 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jukka Korhonen, Design Director Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The thesis presents two different types of digital overall systems and compares them in a residential electrical design. It examines a system that complies with the KNX-standard and a building automation and control system that is manufactured by Crestron company.</p> <p>First systems' backgrounds and their operating principles are presented. After this, models of residential apartment electrifications were designed sub-system at a time by using both systems. These sub-systems in this thesis were for example lighting, curtain control and underfloor heating. At the end in this thesis systems' programming and implementation are presented.</p> <p>As a result there are two slightly different possibilities to execute electrification by using a digital system entity.</p> <p>In the Crestron system case the products were found easier to use and in addition the system was found to focus on consumer entertainment systems and their electronics. Also the usage of this system was proved more user-friendly.</p> <p>The system that complies with KNX-standard was found having more manufactures whose products work with it and therefore it has more choices and opportunities as concerns design and implementation.</p> <p>Comparing these two systems were difficult because their strengths focused on different areas. Also the rapid development of these systems caused challenges for comparison.</p>	
Keywords	Crestron, KNX, Digital systems

Sisällys

Alkusanat

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Digitaaliset järjestelmät yleisesti talotekniikassa	2
3	Crestron-järjestelmä	3
3.1	DALI-standardi	3
3.2	Crestron Electronics -yritys	4
3.3	Järjestelmän esittely	4
4	KNX-järjestelmä	6
4.1	KNX-standardi	6
4.2	Laite/järjestelmävalmistajat	9
5	Järjestelmien yhteensopivuudet muihin järjestelmiin	10
6	Suunnittelukohde	12
6.1	Keskus- ja käyttölaitteiden valinnat	14
6.2	Valaistus, painikkeet ja ohjatut pistorasiat	28
6.3	IV-kone	33
6.4	Saunan kiuas	34
6.5	Verhomoottorit ja kattoikkunat	36
6.6	AV-järjestelmä	38
6.7	Energian- ja lämpötilanmittaus	40
6.8	Lattialämmitys	43
6.9	Murto- ja palovaroitinjärjestelmä	44
6.10	Käyttöönottovaihe ja tulevaisuuden muutokset	45
7	Yhteenveto	47
	Lähteet	48

Lyhenteet

Av-tekniikka	audio/videotekniikka, käsittäen kuvan, äänen ja valonohjauksen ja niiden väliset yhteydet kuten kaapeloinnit
BACnet	Building Automation and Control networks, standardoitu automaatioprotokolla
Cresnet	Crestron-järjestelmän oma sarjaliitännäväylä
Crestron	älykäs kiinteistöautomaatio-ohjausjärjestelmä tai järjestelmä valmistaja
DALI-standardi	Digital Addressable Lighting Interface; Kansainvälinen standardi, jolla eri valmistajien sähköiset komponentit voidaan integroida toisiinsa.
HDMI-liitäntä	High Definition Multimedia Interface; monipuolinen digitaali-liitäntä
KNX-standardi	kansainvälinen protokolla jota käytetään kiinteistöautomaatiossa
LAN	Local Area Network; lähiverkko; kaksi tietokonetta liitetty toisiinsa niin, että se mahdollistaa tiedonsiirron koneiden välillä.
LON	Local Operating Network; aikaisemmin käytössä ollut tiedonsiirtoväylä, jolla voidaan liittää toisiinsa automaatiojärjestelmän antureita ja toimilaitteita
Modbus	Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla; mahdollistaa samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden kommunikoinnin keskenään

RS-232	tiedonsiirtostandardi tiedonsiirtoon sarjamuotoisesti kahden laitteen välillä
RS-485	differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti
Topologia	väylän fyysinen rakenne eli se, miten laitteet ovat kytketty keskenään
VOIP	Voice Over Internet Protocol, tietoliikenneprotokolla
Väyläkaapeli	kaapeli, jota pitkin digitaalinen sanoma liikkuu väylässä

1 Johdanto

Nykypäivän sähköasennuksilta vaaditaan yhä kasvavissa määrin tehokkuutta, joustavuutta, energiansäästöä ja mukavuutta. Tällainen uusi ajattelutapa on edistänyt digitaalisten järjestelmien syntyä ja kehitystä.

Insinööriyössä esitellään ja vertaillaan toisiinsa kahta hieman erilaista digitaalista järjestelmäkokonaisuutta asuinrakennusympäristössä. Järjestelmätyyppeinä työssä toimivat useiden valmistajien tukema KNX-standardi ja siihen sopivat laitteet sekä talotekniikan ohjaukseen ja hallintaan erikoistunut Crestron-ohjausjärjestelmä. Nämä ovat Suomessa yleisesti käytössä olevia järjestelmäkokonaisuuksia. Työssä käydään läpi myös näiden järjestelmien suurimpia eroavaisuuksia ja miten niiden yhdistäminen muihin järjestelmiin onnistuu. Integroinnit ovatkin hyvin yleisiä nykypäivän talotekniikan järjestelmissä. KNX-järjestelmän tuotteina esitellään lähinnä isoimpien ja vakiintuneiden valmistajien, kuten ABB:n tai Hagerin valmistamia tuotteita.

Lisäksi työssä kerrotaan esimerkkejä sähköjärjestelmien mahdollisuuksista asuinrakentamisessa ja sitä voidaan käyttää tulevaisuudessa apuna sähköjärjestelmiä suunniteltaessa.

Digitaalisilla järjestelmillä on tarkoituksena yhdistää rakennuksen sähköiset järjestelmät yhtenäiseksi toimivaksi verkoksi. Kaikkia rakennuksen sähköisiä toimintoja, kuten valaistusta, lämmitystä, ilmastointia, kodinviihde-elektroniikkaa ja valvontaa voidaan ohjata yhden ja saman järjestelmän kautta. Perinteisellä tavalla tehdyissä sähköasennuksissa taas on tapana tehdä jokaisesta järjestelmästä oma suljettu systeeminsä. Tämä vaatii jokaiselle järjestelmälle omat keskuslaitteet ja kaapeloinnit. Näin toteutettuna keskustiloilta ja kaapelointireiteiltä vaaditaan usein suuret määrät turhaa tilaa. Tämän lisäksi järjestelmän käytettävyys kärsii, kun joka järjestelmällä on omat käyttölaitteensa. Digitaalitekniikan avustuksella nämä yksittäiset järjestelmät voidaan yhä paremmin kytkeä yhteen ja parhaimmillaan ne yhdistyvät osaksi yhtä ja samaa järjestelmää. Tällainen integroitu järjestelmä helpottaa huomattavasti kokonaisuuden hallintaa. [1, s. 1; 2, s. 1.]

2 Digitaaliset järjestelmät yleisesti talotekniikassa

Digitaaliset järjestelmät tulivat osaksi kiinteistöautomaatiikka jo 80-luvulla. Siihen aikaan järjestelmät olivat kuitenkin liian kalliita ja kömpelöitä tekemään sen suurempaa läpimurtoa. Uuden tekniikan kalleuden takia myös valvonta-alakeskusten määrä jouduttiin pitämään pienenä, joka taas johti pitkiin kaapelointeihin ja järjestelmän hyötyjen pieneenemiseen. 80-luvun lopulla hallinta- ja tiedonsiirto yritettiin ratkaista tietokoneintegraatiolla. Ratkaisu osoittautui kuitenkin liian monimutkaiseksi ja vaikeaksi toteuttaa, mutta se antoi digitaaliselle tiedonsiirrolle oikeat suuntaviivat tulevaisuutta ajatellen. PC:n ja Windowsin keksiminen sekä myöhemmin GSM-verkon yleistyminen olivat suuria harppauksia ja mahdollistivat esimerkiksi ongelmaksi muodostuneen etävalvonnan sekä päivitystietojen siirron järjestelmässä. Paikalla olevaa talonmiestä ei enää tarvittu ja tärkeimmät hälytykset viikonloppuisin tai yöaikaan saatiin hoidettua robottipuhelimella.

Kehitysvaiheen alussa valvonta-alakeskukset olivat vielä riippuvaisia valvomosta. 1990-luvun alkupuolella ne kehittyivät itsenäisiksi ja hajautetut järjestelmät alkoivat saada jalansijaa markkinoilla. Internetin yleistyminen 2000-luvulle siirryttäessä ratkaisi useiden kiinteistöjenomistajien kuten kaupunkien ongelmat keskitetysti ohjata kaikkia kiinteistöjään. Markkinoille tulleiden internet-selainten avulla tämä oli mahdollista riippumatta kiinteistöjen sijainnista.

Tämänkaltaisen kehityksen ansioista kiinteistöautomaatiikkajärjestelmillä voidaan tehokkaasti parantaa rakennusten ylläpitoa, seurantaan sekä vähentää energian kulutusta. [3. s. 24.]

Digitaaliset järjestelmät tehostavat siis rakennuksen käyttöä entisestään. Perinteisellä tavalla toteutetuissa sähköasennuksissa kytketään kuorma aina suoraan päälle tai pois. Digitaalisilla järjestelmillä järjestelmän käskyt taas tulevat epäsuorasti digitaalisella signaalilla. Nämä digitaaliset signaalit mahdollistavat myös kahdensuuntaisen kommunikoinnin laitteiden välillä. Järjestelmissä voidaan helposti tallentaa erilaisia tilatietoja, joiden ansiosta sen käyttö on entistä nopeampaa. Kaikenlaiset muutokset toteutetaan helposti tietokoneella ohjelmointia apuna käyttäen. Järjestelmät voivat sisältää ohjaavan keskusyksikön, tai kaikki liikenne voi tapahtua laitteiden välillä ilman minikäänlaista keskusta riippuen käytössä olevan järjestelmätyypistä. [1 s. 1; 4 s. 9.]

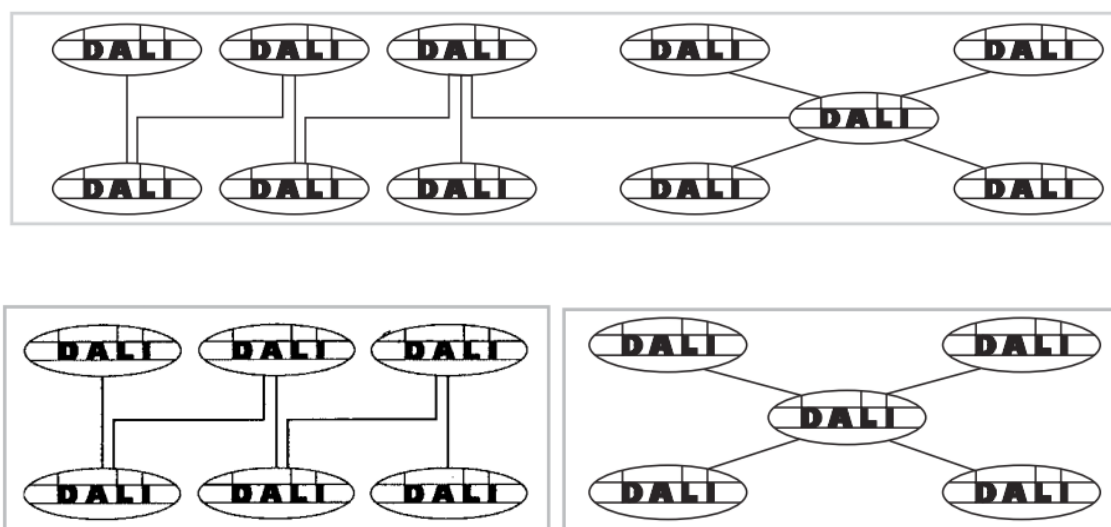
3 Crestron-järjestelmä

3.1 DALI-standardi

Nykyään monet digitaaliset ohjausjärjestelmät, kuten työssä käsiteltävä Crestron-järjestelmä, ovat DALI-standardia (engl. Digital Addressable Lighting Interface) noudattavia järjestelmiä. Se on kansainvälinen standardi, jonka ansiosta eri valmistajien sähköiset komponentit on mahdollista integroida toisiinsa. Se luotiin alun perin valaistuksen ohjaukseen vanhan 1-10 V analogisen järjestelmän korvaajaksi. Tarkoituksena sillä oli olla halpa, joustava sekä yksinkertainen käyttää ja asentaa. Standardia noudattavat laitteet sisältävät ns. ”sisäänrakennettua älyä”, joten niiden kaapelointi on suoraviivaista. Nykyisin eri valmistajien laitteiden yhteensopivuus toimii DALI-standardia käytettäessä valaistuksen osalta hyvin. Kuitenkin standardi on alun perin suunniteltu ainoastaan valaistukselle, joten eri valmistajien järjestelmien yhdistely laajemmin ei ole suositeltavaa eikä käytännössä kovinkaan toimivaa. DALI-standardi on löyhempi kuin esimerkiksi KNX-standardi ja siitä syystä eri DALI-kokonaisjärjestelmien yhdistämisestä toisiinsa ei ole paljoakaan käyttäjäkokemuksia, eikä niiden yhdistämistä toisiinsa suositella.

DALI-järjestelmässä kahden laitteen välinen etäisyys saa maksimissaan olla 300 metriä. Se on suunniteltu 64 yksikölle, joilla on kaikilla omat osoitteet. Yhteensä se soveltuu 16 ryhmälle ja siihen on mahdollista ohjelmoida 16 erilaista tilannetta. Kuitenkin erilaisten virtalähteiden ja liitäntälaitteiden avulla on mahdollista ketjuttaa DALI-järjestelmiä ja näin ollen kasvattaa laitteiden määrää järjestelmässä.

DALI-järjestelmän kaapelointi voidaan toteuttaa niin sarjaan tai tähden kaapeloituna. Jokaisella DALI-järjestelmään kuuluvalla laitteella on oma osoite, joten toimiakseen jokaisen laitteen tarvitsee olla vain kaapeloituna osaksi digitaalista väylää. DALI-väylän kaapelointi vaihtoehtoja (kuva 1, ks. seur. s.). [5 s. 5.]



Kuva 1. DALI:n kaapelointitopologia vaihtoehtoja [5 s. 5].

Työssä vertaillaan järjestelmiä kokonaisuuksina toisiinsa, minkä vuoksi tarkempaan tarkasteluun on otettu DALI-standardia noudattava Crestron-järjestelmä.

3.2 Crestron Electronics -yritys

Crestron Electronics on amerikkalainen automaatio- ja valvontajärjestelmiä valmistama yritys, joka on toiminut alalla jo yli 40 vuotta. Se valmistaa laaja-alaisesti sähkölaitteita, joilla voidaan kattaa niin kotien, toimistojen kuin hotellienkin tarpeet. Se käyttää ja kehittää myös samannimistä älykästä kiinteistöautomaatio-ohjausjärjestelmää. Tällä ohjausjärjestelmällä on mahdollista ohjata kiinteistön kaikkia sähkölaitteita kokonaisvaltaisesti. Se on siis oma digitaalinen järjestelmäkokonaisuus, joka sisältää niin fyysiset laitteet kuin ohjelmistotkin. [6; 7.]

3.3 Järjestelmän esittely

Tekniikkana Crestron-järjestelmä keskittyy av-tyyppiseen ohjaukseen kotiautomaatiossa. Tämä tarkoittaa sitä, että siinä on panostettu kuvan- ja äänensiirtoon sekä erilaisten ohjelmälähteiden yhdistämiseen osaksi järjestelmää. Järjestelmän juuret ovatkin juuri viihde- ja neuvotteluhuoneiden suunnittelussa, jossa kuvan- ja äänensiirrolla on iso osa. Nykyisin siihen on kuitenkin myös mahdollista lisätä esimerkiksi kohteen valaistus,

lämmitys ja ilmastointi. Järjestelmän käyttö on tehty hyvin käyttäjäystävälliseksi, jolloin sen käyttöä pystyy ymmärtämään ja muokkaamaan haluamakseen kuka tahansa hieman tietotekniikkaa ymmärtävä. Crestron-järjestelmää käytettäessä parhaan hyödyn saa kun käyttää vain kyseisen valmistajan tuotteita. Tällöin laitteilla ei tule yhteensopivuusongelmia. Tämä tietenkin hieman rajaa komponenttien valikoimaa, hintaa ja ulkoasua. Viime aikoina Crestron on kuitenkin panostanut yhteensopivuuksiin muiden järjestelmien kanssa, valmistamalla erilaisia liitäntälaitteita. [7.]

Ohjausjärjestelmänä Crestron käyttää patentoitua Cresnet-verkkoratkaisua, joka tarjoaa 4-johdin kaapelilla yhteyden laitteiden välillä sekä 24 VDC jännitteen jokaiselle siihen liitettylle laitteelle. Koska samassa kaapelissa menee sekä jännite että väylä, voidaan esimerkiksi valaistukselle kaapeloida pelkkä Cresnet-väyläkaapeli. Cresnet-väylä on osoitteellinen, joten sen topologia voi olla tähtimäinen, ketjumainen tai vaikka haaroitettu välistä. Väylässä täytyy kuitenkin varmistaa, että laitteet saavat riittävän jännitteen. Jännitteen riittävyyden voi tarkistaa Cresnet-laskurilla, joka löytyy Crestronin nettisivuilta. Yhtäjaksoinen kaapelointipituus voi Cresnet-väylällä olla kuparikaapelilla n. 900 metriä. Toistaiseksi vielä vähän käytettävällä valokuitukaapelilla on mahdollisuus jopa yli kymmenen kilometrin kaapelointeihin. Cresnet-väyläkaapelointia käytetään siis järjestelmässä laitteiden välillä, lukuun ottamatta av-kaapelointia (ks. kohta 6.6).

Tulevaisuuden kannalta kannattaa järjestelmäpisteille kaapeloida lisäksi vahvavirta-kaapeli mahdolliselle 230 v syötölle, mikäli järjestelmän valaisimia halutaan tulevaisuudessa esimerkiksi vaihtaa enemmän jännitettä tarvitseviin tai järjestelmän ulkopuolisiin valaisimiin. Kaapelit ja liittimet tulee olla suojattuja erilaisten häiriöiden vuoksi.

Ohjaustapoina järjestelmässä toimii perinteisten painikkeiden ja kosketusnäyttöpainikkeiden lisäksi esimerkiksi langattomat tabletit ja älypuhelimet. Järjestelmä toimii myös täysin itsenäisesti erilaisilla läsnäolo- ja valoisuusantureilla, joihin on mahdollista ohjelmoida ennakoon määrättyjä tilanteita. [6; 7.]

4 KNX-järjestelmä

4.1 KNX-standardi

KNX tarkoittaa kansainvälistä protokollaa, jota käytetään kiinteistöautomaatiossa. [Järjestelmä on avoin joten se tarkoittaa, että kukaan ei omista sitä eikä peri sen käytöstä maksua. Sen tekniikka perustuu käytöstä jo poistuneisiin EIB:n, EHS:n ja BatiBus;n väyläratkaisuihin. [4, s. 9.] Järjestelmän kaikki laitteet ovat standardin ISO/IEC 14543 mukaan sertifioituja. Tämän ansiosta KNX-tuotteet ovat keskenään yhteensopivia ja vaihdettavissa keskenään. Monet keskeiset laitevalmistajat ympäri Eurooppaa kuuluvat KNX-yhdistyksen jäseniksi ja näin ollen valmistavat ja kehittävät KNX-tuotteita. Järjestelmä on alun perin tarkoitettu käytettäväksi erilaisiin automaattisiin ohjauksiin kiinteistössä, kuten esimerkiksi valaistusryhmien säätöön tai markiisien ohjaukseen käyttäen liiketunnistimia. [8.]

KNX on väyläpohjainen ja laitteiden välinen kommunikointi tapahtuukin ilman keskustietokonetta. [9, s. 1; 11.] Tämä tarkoittaa, että laitteet ja eri järjestelmäosat keskustelevat keskenään ja muodostavat oman kokonaisjärjestelmän. Keskustietokoneen sijaan keskuslaitetilasta löytyy erilaisia laitteita ohjaavia komponentteja, jotka sisältävät ns. ”älyä”. Kenttälaitepuolella järjestelmään kuuluvat laitteet koostuvat laitteesta, sekä siihen liitettävästä väyläliitinyksiköstä (BCU). Käsittävät tiedot tulevatkin väylää pitkin ensin tähän väyläliitinyksikköön, joka lähettää, vastaanottaa ja tallentaa erilaisia tietoja. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi laitteen fyysinen osoite tai ryhmän osoite. Nämä tiedot myös säilyvät väylälaitteissa, vaikka virta katkeaisi. Väylälaitteet palautuvat tällöin ennalta määritettyyn tilaan. Ne voidaan sijoittaa esimerkiksi laitteen kojerasian sisään [12, s. 31].

Tiedonsiirto KNX-järjestelmässä voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla:

1. väyläkaapelin avulla
2. sähköverkon kautta
3. radioverkon kautta omalla taajuusalueella [12, s. 25].

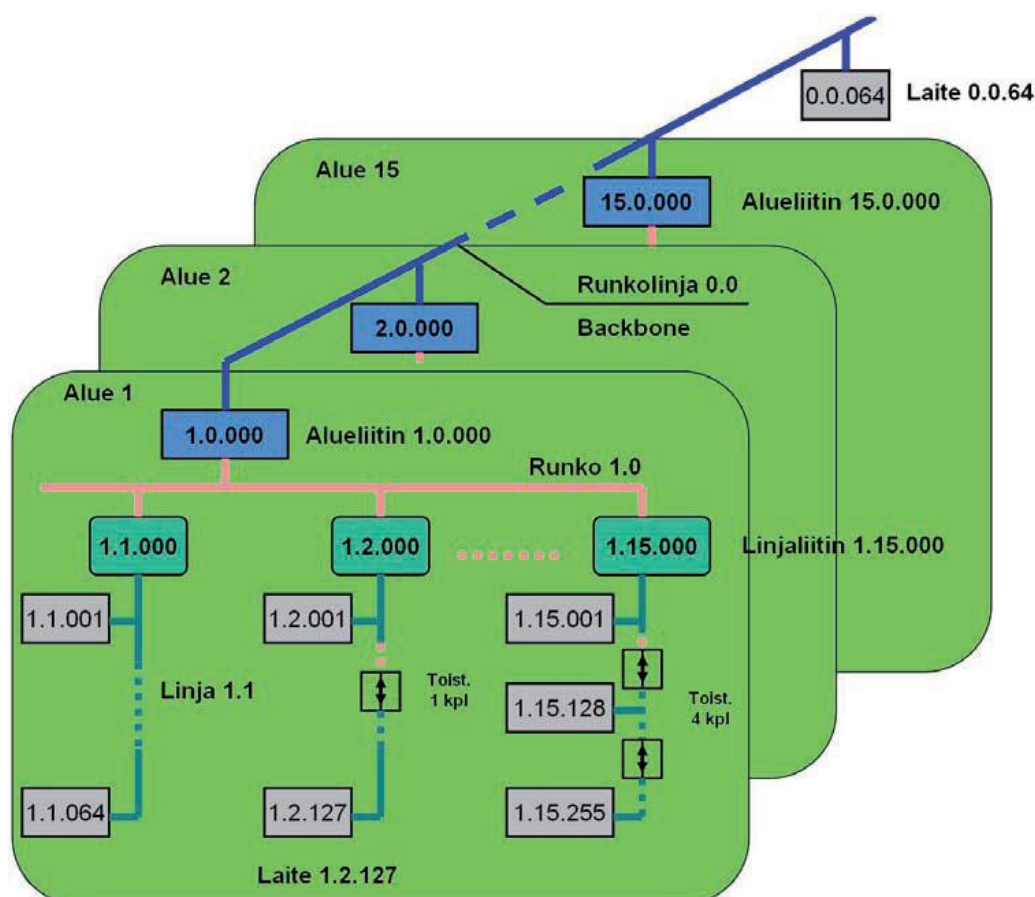
Eri siirtotapoja voidaan yhdistää samassa järjestelmässä. Tällöin järjestelmän rajapinnoilla käytetään mediamuuntimia, jotka välittävät tietoa siirtoväylän laitteille. Nämä

mediamuuntimet voivat esimerkiksi vastaanottaa radioverkosta tulevia käskyjä ja jakaa ne eteenpäin väyläkaapelilla.

Yleisin käytössä oleva tiedonsiirtotapa Suomessa on väyläkaapelin avulla. Sähköverkon kautta toteutettu tiedonsiirto on käytössä lähinnä Saksassa. Vähäisen käytön vuoksi tässä työssä ei käsitellä tällä tavalla toteutettua tiedonsiirtoa.

Käyttäen yleisintä eli väyläkaapelitiedonsiirtotapaa koostuu KNX-järjestelmä linjoista, joiden sisällä virtalähteet syöttävät käyttöjännitettä toimilaitteille. Jokaiseen linjaan on mahdollista liittää 64 kpl toimilaitteita, joiden virrankulutus täytyy kuitenkin olla alle 10 mA. Näihin toimilaitteisiin on laskettu myös linjayhdistimet. Linjatoistimien avulla pystytään linjat laajentamaan jopa 256 toimilaitteeseen. Tämä vaatii kuitenkin huomattavasti lisättyjä virtalähteitä. Yhteensä näitä linjoja voi olla 15 saman alueen sisällä eli kytkettynä alueen päälinjaan. Alueet toimivat itsenäisinä kokonaisuuksina ja niille lähetettävää tietoa muista alueista voidaan rajoittaa. Alueet ovat kuitenkin osa järjestelmää ja ne yhdistetään toisiinsa runkolinjan avulla.

Tätä runkolinjaa ei pidä sekoittaa alueiden sisällä toimiviin päälinjoihin, joihin linjat ja laitteet yhdistetään. Runkolinja muodostaa järjestelmäkokonaisuuden, jonka suurin laitemäärä on huimat $15 \times (15 \times 256) = 57\,600$ kpl. Tällainen eri osiin jakaminen tuo järjestelmän käytölle luotettavuutta ja antaa vianmääritykseen selkeän yleiskatsauksen. (Linjojen ja alueiden väliset yhteydet, kuva 2, ks. seur. s.) [9; 10; 12.]

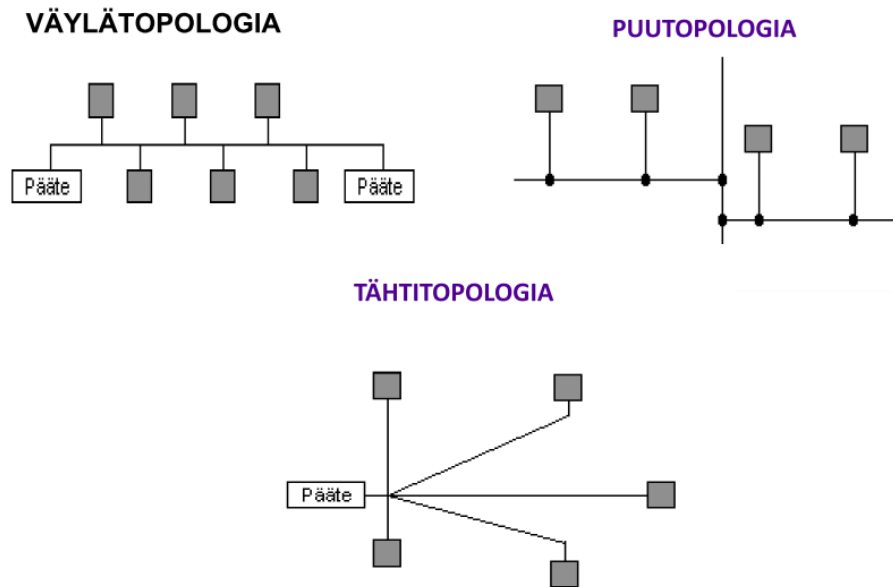


Kuva 2. KNX-topologia [4, s. 10].

Linjan pituus voi enintään olla 1 000 m. Jännitesyötön ja väylälaitteen välinen etäisyys voi olla enintään 350 m ja kahden jännitesyötön taas vähintään 200 m. Kahden laitteen etäisyys voi olla enintään 700 m [4, s. 9]

KNX-järjestelmällä on oma standartoitu väyläkaapeli JY(St)Y 2x2x0,8 VDE 0815, mutta Suomessa käytetään yleisesti kuitenkin KLMA 4 x 0,8 + 08 -kaapelia. KNX-järjestelmä voikin käyttää lähes mitä tahansa parikaapelityyppiä väyläkaapelointiin. Tiedonsiirtoon ja jännitesyöttöön järjestelmä tarvitseekin vain yhden johdinparin ja toinen on varalla lisätehonsyöttöä varten. Esimerkiksi Crestron-järjestelmä käyttää väyläkaapeloinnissa omaa Cresnet kaapelityyppiään ja sen järjestelmässä jännite ja tiedonsiirto kulkevat eri johtimissa. KNX väyläkaapeli voidaan asentaa samalle hyllylle kuin vahvavirtakaapeloinnin, koska se ei standardin mukaan kuulu heikkovirtakaapelointiin. Järjestelmään liittyminen ohjauspaneelin kautta tapahtuu USB-tikulla. [12, s. 67].

Väyläkaapelia tiedonsiirtona käytettäessä voidaan verkon rakenteeksi alueen sisällä käyttää niin väylä-, tähti- tai puurakennetta. Rengasrakennetta ei ole mahdollista käyttää, koska viesti voi jäädä kiertämään ja näin ollen haitata järjestelmän toimintaa. Eri-laisia verkon rakenteita selvennetään kuvassa 3. [9, s. 1; 11.]



Kuva 3. Kaapeleiden kytkentätopologioita KNX-järjestelmälle [13, s. 6].

Jokaiselle toimilaitteelle ohjelmoidaan järjestelmässä yksilöllinen osoite keskuksen päässä, jota on mahdollista vaihtaa jatkossa. Toimilaitteille voidaan lisäksi ohjelmoida ryhmäosoite, joilla niitä on mahdollista yhdistää toisiinsa.

4.2 Laite/järjestelmävalmistajat

KNX-standardi on yleisesti käytössä ympäri Eurooppaa, joten siihen sopivia komponentteja valmistavia yrityksiä löytyy useita. Komponentteina olen tässä työssä pyrkinyt käyttämään suurimpia valmistajia. Kaikkien valmistajien KNX-tuotteita pystyy kuitenkin liittämään yhteen mutkattomasti, juurikin standardoinnin ansiosta. Pieniä eroavaisuuksia valmistajien väliltä löytyy kuitenkin ohjelmoinnissa (ks. kohta 6.9).

5 Järjestelmien yhteensopivuudet muihin järjestelmiin

Kiinteistöautomaatiojärjestelmiä on Suomessa edelleen käytössä useita erilaisia. Suurien kiinteistöjen tapauksessa on monesti kyse kohteesta, joka sisältää kiinteistöautomaatiojärjestelmiä, joita on kehitetty erillisinä ratkaisuinä pitkällä aikavälillä. Monesti samassa kiinteistössä on myös useita eri toimijoita, joilla kaikilla saattaa olla omat automaatiojärjestelmänsä.

Aiemmin rakennusautomaatiojärjestelmiä rakennettiin yksinkertaisilla päälle/poisto-ohjauksilla. Nykyisin panostetaan enemmän kaksisuuntaiseen kommunikaatioon järjestelmien välillä. Järjestelmävalmistajat ovatkin kehittäneet yhteensopivuuden mahdollistavia liitäntälaitteita.

Crestron-järjestelmä

Crestron-järjestelmään on mahdollista suoraan liittää esimerkiksi KNX- ja BACnet-järjestelmät omiin väyläsovittimiin. BACnetin liittämiseksi järjestelmään voidaan käyttää SW-3SERIES-BACNET-lisenssiä. Lisenssillä voidaan ilmaiseksi liittää 50 BACnet objektia osaksi järjestelmää. Maksullisella lisenssillä järjestelmään voidaan liittää jopa tuhat BACnet objektia. Tämä lisenssi mahdollistaa kaksisuuntaisen keskustelun järjestelmien välille. [4, s. 13.]

Modbus on avoin väylä, jonka spesifikaatiot voi ladata ilmaiseksi internetistä. Sitä käytetäänkin laajasti teollisuudessa ja energianoptimointijärjestelmissä. Modbus on liitettävissä järjestelmään omalla väyläsovittimella esimerkiksi RS485-väylää hyväksi käyttäen. [4, s. 15.]

Crestronista löytyy myös DALI-ohjain DIN-DALI-2, jolla on mahdollista liittää muiden DALI-standardia käyttävien kiinteistöautomaatiovalmistajien valaisimia tai muita laitteita osaksi järjestelmää.

Käytöstä jo poistuneeseen, mutta edelleen paljon käytössä olevaan LON-järjestelmään pystytään liittymään Crestronin omalla liitäntälaitteella. Tämä liitäntälaitte mahdollistaa 240 eri LON-muuttujan liittämisen osaksi Crestron-järjestelmää. [6.]

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmän liittäminen osaksi muita järjestelmiä on mahdollista eri valmistajien valmistamilla liitännöillä. Liitäntöjen avulla on mahdollista, esimerkiksi

- lähettää automaattisia signaaleja
- laukaista kytkentätoimintoja KNX-asennuksissa
- lukea ja näyttää tiloja sekä ohjelmoida KNX-asennuksen laitteita uudelleen.

KNX-järjestelmään BACnet on mahdollista liittää esimerkiksi suoralla yhdyskäytävällä, joka siirtää sanoman BACnet-protokollaan. Näiden kahden rajapinta on standardoitu, joten se tukee ja kannustaa käyttämään näiden yhdistelmää kommunikaatiostandardina. [12, s. 127.]

DALI-standardia noudattavien valaisimien yhdistäminen KNX-järjestelmään onnistuu yhdyskäytävien avulla. DALI-käyttöliittymällä varustetut laitteet keskitetään yhteen ohjausyksikköön, joka puolestaan ns. ”tottelee” KNX-järjestelmässä olevan isäntälaitteen tehtäviä. Isäntälaitteen tehtäviin kuuluu yksittäisten komponenttien ohjaaminen. Myös Crestron-järjestelmä on mahdollista liittää osaksi KNX-järjestelmää samalla tavalla. KNX-järjestelmää käytettäessä on valaistus monesti hoidettu DALIn avulla. Tässä työssä tätä mahdollisuutta ei ole kuitenkaan tarkasteltu. [14.]

LON-järjestelmä on mahdollista liittää osaksi KNX-järjestelmää esimerkiksi IntesisBox-liittimen avulla.

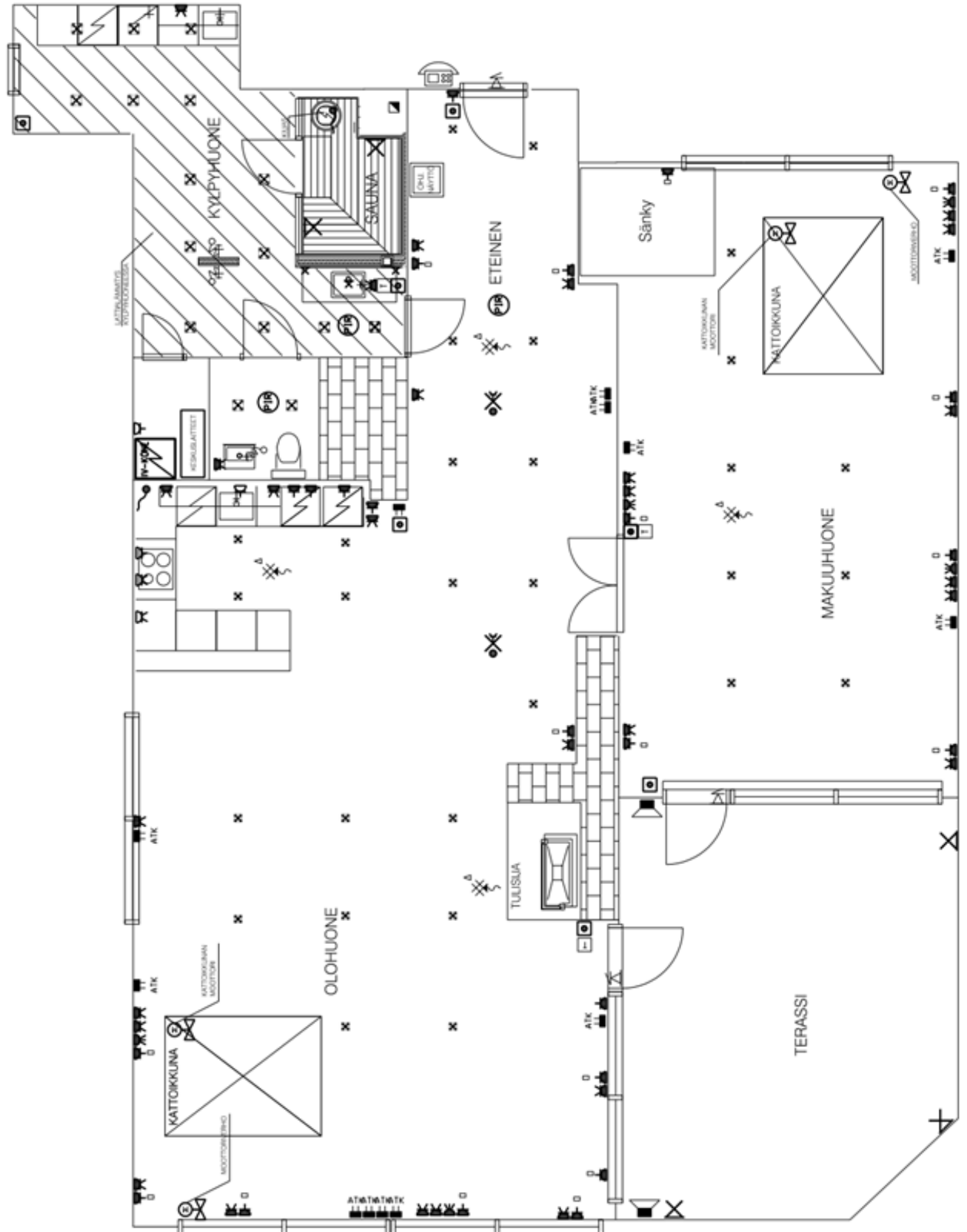
Koska KNX on vain standardi, siinä voi käyttää monen eri valmistajan tuotteita ja nämä voidaan yhdistää toisiinsa mutkattomasti. KNX:n yhteistyökumppaneita löytyykin jo pelkästään suomesta jopa satoja [15]. Tällöin järjestelmän laitevalinnoissa on mahdollisuuksia huomattavasti enemmän, kuin Crestron-järjestelmällä, jossa valmistajia löytyy vain yksi.

6 Suunnittelukohde

Työssä on suunniteltu kuvitteellisen kerrostalon kattuhuoneiston sähköistys. Työssä suunnitellaan tähän moderniin huoneistoon mahdollisimman kattava digitaalinen ohjausjärjestelmä. Työssä esitelläänkin kaksi vaihtoehtoista järjestelmäkokonaisuutta tämän toteuttamiseksi.

Kohteen pohjakuva esitetään kuvassa 4 ks. seuraava sivu. Kohteen tiedot pysyvät samanlaisina kummassakin suunnitelmassa. Kohde on kuvitteellinen, mutta ohjausjärjestelmään liitettävät osat löytyvät kuitenkin oikeasti toteutetuista kohteista ja sisältävät todellisia tarpeita. Huoneisto sisältää mm. makuuhuoneen, olohuoneen, terassin ja saunan. Keskustila ja suurin osa sähkölaitteiden sijainneista on valmiiksi valittu kuvan mukaisesti. Kuvassa esitetään sähkölaitteista vain järjestelmään liitettävät osat.

Kaapelointeja ja niiden reittejä laitteille ei ole suunniteltu. Sähkölaitteiden sijoitus ja määrät ovat vain esimerkkejä monista mahdollisuuksista.



Kuva 4. Suunniteltavan kohteen pohjapiirustus.

Kohteen suunnitelmissa käytetään siis erikseen kumpaakin ohjausjärjestelmää ja esitellään esimerkkituotteita. Järjestelmien erikoispiirteitä on otettu huomioon suunnitelmia tehdessä. Suunnitelmissa käytetään mahdollisimman paljon valitun järjestelmävalmistajan tai standardin laitteita/komponentteja. Järjestelmän ulkopuolisten laitteiden liittäminen osaksi kokonaisuutta ei ole aina yhtä sujuvaa ja järjestelmän kaikkia hyötyjä ei välttämättä saada irti. Suunnitelmissa on eritelty järjestelmään suoraan kuuluvat komponentit, sekä siihen erikseen liitettävät. Ohjausjärjestelmään on liitetty jollain tavalla seuraavia kokonaisuuksia:

- järjestelmän käyttölaite ja siihen liitettävä ovipuhelin
- valaistus
- ohjattuja pistorasioita
- verhomootorit verhoille tai sälekaihtimille
- kattoikkunoiden ohjaus
- iv-kone
- kiuas
- Av-järjestelmä (esim. taulutelevisio, Blu-ray-soitin, kaiuttimet)
- lattialämmitys kylpyhuoneeseen ja vessaan
- energiakulutuksen monitorointi ja seuranta.

Tämän lisäksi järjestelmä integroidaan murtohälytys- ja palovaroitinjärjestelmään siten, että sen käyttölaiteella pystytään valvomaan ja käyttämään kumpaakin järjestelmää.

6.1 Keskus- ja käyttölaitteiden valinnat

Keskustilojen kokoonpanossa tulee suurimmat erot KNX- ja Crestron-järjestelmien välillä. Molemmat järjestelmäkokonaisuudet ovat niin sanottuja hajautettuja järjestelmiä. Tämä tarkoittaa että laitteissa tai niiden ja keskuksen välillä on ”älyä”, joten ne voivat kommunikoida keskenään ilman keskustietokonetta. Kuitenkin molemmat sisältävät paljon laitteita keskuslaitetilassa, jotta yleiset oleskelutilat pysyvät siistinä.

Suunnittelukohteessa nämä keskuslaitteet sijoitetaan IV-konehuoneeseen (kuva 4, ks. s. 13). Keskuslaitteiden ulkoasuista löytyy merkittäviä eroja järjestelmien välillä. Siinä missä KNX-tuotteet ovat kaikki toisiaan muistuttavia DIN-kiskoon asennettavia ns. ”paliikoita”, on Crestron panostanut laitteiden ulkonäköön ja ne muistuttavatkin enemmän kodin elektroniikkalaitteita.

Käyttölaitteet eli ohjauspaneelit ovat järjestelmien kallein ja esillä olevin osa. Ne voidaan ohjelmoida niin, että niistä voidaan hallinnoida kaikkia järjestelmän osia. Niistä voidaan esimerkiksi valvoa eri sähkölaitteiden tiloja tai mitattavia arvoja, kuten lämpötiloja ja energiankulutuksia. Ohjauspaneelit on suunnitelmassa sijoitettu eteiseen sisään-tuloaulan lähelle, josta ne ovat helposti saatavilla heti sisään tullessa. Näitä voidaan asentaa myös useita, mikäli kohde olisi iso tai sisäänkäyntejä olisi monia. Näihin paneeleihin voidaan ohjelmoida erilaisia valmistiloja, kuten kotona/poissa asentoja, jotka vaikka poissa tilan valitsemalla sulkevat verhot, sammuttavat valot ja kytkevät pistorasiat pois päältä. Näitä valmistiloja voidaan ohjelmoida kaikkiin järjestelmän painikkeisiin. Koko järjestelmän ohjaus voidaan toteuttaa pelkästään tämän näytön ja esimerkiksi läsnäolotunnistimien kautta, mikäli ei haluta ylimääräisiä kytkimiä.

Ovipuhelimia käytetään monesti kerrostaloissa ja toimistorakennuksissa. Niiden avulla voidaan nähdä/kuulla ulko-ovella oleva henkilö ja mahdollisesti avata tälle ovi. Kohteessa onkin oletettu, että se on osa kiinteistöä ja että ovipuhelin sijaitsee kiinteistön sisäänpääsyn luona. Tällöin ulkona toimivan ovipuhelimen liittäminen osaksi järjestelmään on perusteltua. Ovipuhelimen kuva ja ääni liitetään järjestelmään ja ohjataan ohjauspaneeliin.

Crestron-järjestelmä

Crestron on laitteiden valmistajana panostanut merkittävästi tuotteiden ulkoasuun (ks. kohta 3.3). Sen keskuslaitteet muistuttavatkin enemmän kotiin kuuluvia elektroniikkalaitteita kuin perinteisiä sähkökeskuskomponentteja. Sillekin kuitenkin löytyy myös perinteisiä väylälaitteita, jotka voidaan liittää helposti osaksi sähkökeskuksen DIN-kiskoa.

[16.]

Crestron-järjestelmää käyttämällä suunnittelukohteessa voidaan keskuslaitteiksi valita, esimerkiksi

- CP3-Proessori
- DIN-HUB-jakelija
- ST-COM-muunnin
- DM-MD8x8-matriisirunko
- DM-RMC-4K-SCALER-C parikaapelivastaanotin (Laitteen sijoitus kenttä-laitepuolelle)
- SWAMPI-24x8-monihuoneaudiovahvistin
- CEN-NSP-1-audiostreaming-laite. [7.]

Tässä suunnitelmassa CP3-Proessori toimii huoneistokohtaisena keskusyksikkönä ja pääohjauslaitteena. Se sisältää liityntärajapinnat huoneiston eri järjestelmiin. Tiedon-siirtotekniikkana se käyttää mm. LAN-, RS232- tai IR-tekniikkaa. Laitteiden hallintaan se käyttää järjestelmään elimellisesti kuuluvaa Cresnet-väylää. Tätä väylää käyttävät myös monet muut laitteet, joita kohteessa käytetään. CP3-proessori sisältää Cresnet-väylän lisäksi muita liittymismahdollisuuksia, kuten

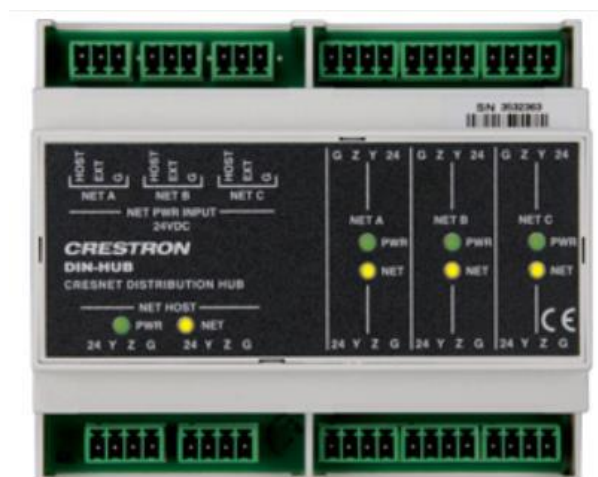
- SD-muistikortin paikan
- USB 2.0-portteja
- RS-232/422/485 COM-portteja
- IR-sarjaportteja
- Relelähtöjä
- I/O-portteja
- LAN-portteja.

Prossessorin asetuksia on mahdollista muuttaa esimerkiksi USB-liitännän kautta omalla tietokoneella. Käyttäjännitteen prosessori taas saa verkkovirrasta. Verkkovirta syötetään tuotteen mukana tulevan muuntajan kautta. Muuntajan avulla prosessori pystyy syöttämään jännitettä Cresnet-väylän kautta kaikille järjestelmän laitteille. Prosessorin ulkoasua esitellään kuvassa 5. [6.]



Kuva 5. Järjestelmän 3-Series Control System CP3, Prosessori kuvattuna edestä ja takaa [6].

Jotta Prosessori pystyy syöttämään Cresnet-väylää jokaiselle laitteelle, on siihen hyvä liittää DIN-HUB-jakelija, johon laitteiden väyläkaapeleita voidaan yhdistää. DIN-HUB toimii siis järjestelmän tähtipisteenä väylälaitteiden kaapeloinnissa. Kuvan 6 DIN-HUB-jakelijasta nähdään, että se muistuttaa ulkoasultaan enemmän perinteistä sähkötekniikan komponenttia. [6.]



Kuva 6. Järjestelmän DIN-HUB-jakelija [6].

Prossessorin tueksi on hyvä hankkia ST-COM-muunnin, joka yhdistää lisäportteja Cresnet-väylään. Esimerkiksi murto- ja palovaroitinjärjestelmä monesti liitetään osaksi järjestelmää COM-porttien kautta. Kuvasta 7 (ks. seur. s.) nähdään ST-COM-muuntimen ulkoasu. [6; 7.]



Kuva 7. Järjestelmän ST-COM-muunnin [6].

Kuvan ja äänensiirrossa voidaan järjestelmässä käyttää DM-MD8x8-matriisia, joka jakaa kuva ja äänisignaalia huoneisiin. Se tukee uutta 4k-resoluutiota, joka sisältää nelinkertaisen määrän pikseleitä Full HD resoluutioon verrattuna. Laajempiin kohteisiin löytyy isompia matriiseja. Pienemmissä kohteissa ei taas matriisia välttämättä tarvita lainkaan. Suunnittelukohteessa on kuitenkin päädytty käyttämään DM-MD8x8-matriisia. Se sisältää nappuloita, joilla järjestelmää voidaan käyttää ilman kauko-ohjausta. Kuvassa 8 esitellään matriisirungon ulkoasu. [6; 7.]



Kuva 8. Järjestelmän DM-MD8X8 Matriisirunko kuvattuna edestä ja takaa [6].

Jotta kaapelointipituudet näytöiltä matriisiin onnistuu, tarvitaan näiden välille DM-RMC-4K-SCALER-C parikaapelivastaanotin, joka muuntaa tiedon siirrettävään muotoon.

Samalla se korjaa kuvan oikean (=paremman) laatuiseksi ja säätelee sen resoluution näyttöön sopivaksi. Järjestelmän näytöt asennetaan tällaisiin vastaanottimiin, mikäli ne halutaan liittää osaksi järjestelmää. Näiden vastaanottimien tulee siis sijaita näyttöjen lähellä, jotta kaapelointi pysyy järkevänä. Kuvassa 9 esitetään parikaapelivastaanottimen ulkoasu. [6; 7.]



Kuva 9. Järjestelmän DM-RMC-4K-SCALER-C parikaapelivastaanotin kuvattuna eri suunnista [6].

SWAMP-24x8-monihuonevahvistin taas toimii eräänlaisena keskusyksikkönä äänen-toistolle. Tämän vahvistimen kautta kaiuttimet liitetään matriisiin ja sitä kautta proses-soriin ja osaksi järjestelmää. Monihuoneaudiovahvistimen ulkoasu näytetään kuvassa 10. [6; 7.]



Kuva 10. Järjestelmän SWAMP-Monihuoneaudiovahvistin edestä- ja takaapäin kuvattuna [6].

CEN-NSP-1 Audiostreaming-laite mahdollistaa musiikin jakamisen langattomasti tai langallisesti älypuhelimista ja tableteista osaksi järjestelmää. Se toimii tukiasemana IP-signaalin vastaanottamiseen järjestelmässä. Tiedonsiirtoon se käyttää Applen kehittämää langatonta Airplay tekniikkaa. Älylaitteiden käyttöjärjestelmänä voidaan käyttää mitä tahansa IOS/Android-pohjaista-järjestelmää. Toistaiseksi se ei kuitenkaan toimi Windows-käyttöjärjestelmässä. Lisäksi se sisältää sisäänrakennetun internetin, joka mahdollistaa esimerkiksi musiikinkuuntelun järjestelmällä ilman omaa mobiililaitetta. Audiostreaming-laite esitellään kuvassa 11 [6; 7.]



Kuva 11. Järjestelmän CEN-NSP-1 langaton audiostreaming-laite [6].

Järjestelmään kuuluville keskuslaitteille kannattaa varata oma laitekaappi sähkölaitetilasta. Niiden sijoittamisessa kannattaa ottaa huomioon laitteiden vaatima jäähdytys ja lämpeneminen, eikä esimerkiksi sijoittaa laitteita liian tiiviisti. Laitekaapin mahdollista kokoa ja ulkonäköä esitellään kuvassa 12:



Kuva 12. Crestron-järjestelmän käyttölaitteet.

Pää-ohjauspaneelista hoidetaan Crestron-järjestelmässä kokonaisuuden hallinta. Ohjauspaneeliksi järjestelmässä valikoitui TSW-1050. Ohjauspaneeleista löytyy monia eri kokoja moniin eri tarpeisiin. Se kannattaakin sijoittaa eteiseen lähelle ulko-ovea, josta sillä on helppo hallita koko järjestelmää ja kokonaiskuva pysyy selkeänä. Yhdellä näytöllä voidaan helposti ohjata koko järjestelmää, kuten säädellä eri tilojen valaistusta ja ohjata verhojen toimintaa. Sillä voidaan seurata järjestelmässä mitattavia arvoja, kuten laitteiden energiankulutusta tai vaikka kaiuttimien äänenvoimakkuuksia. Energiankulutus onkin mahdollista näyttää niin huone kuin laitekohtaisesti, Cresnet-väylään syötettyjen laitekohtaisten osoitteiden ansiosta. Ohjauspaneelista voidaan myös kätevästi ohjailla järjestelmän kuvan ja äänen siirtoa huonekohtaisesti tai vaikka selata

Internetiä. Av-laitteiden ohjauksiin kuten tv-kanavien vaihteluun onkin panostettu paljon järjestelmän ulkoasun muotoilussa.

Järjestelmän ohjelmointi toteutetaan käyttöönottovaiheessa tämän paneelin kautta. Käyttöönottamisesta kerrotaan tarkemmin käyttöönottovaihe ja tulevaisuuden muutokset kappaleessa. Kosketusohjain paneelin ja älylaite sovelluksen erilaisia ulkoasuja esitellään kuvassa 13 ja 14. [6; 7.]



Kuva 13. Crestron-järjestelmän ohjauspaneeli [7].



Kuva 14. Esimerkkejä mobiiliohjaukseen käytettävistä laitteista ja järjestelmässä käytettävän sovelluksen ulkoasusta [7].

Ohjauspaneeliin kannattaa lisäksi liittää huoneiston ulkopuolelta käytettävä ovipuhelin. Crestron-järjestelmä ei valmista ovipuhelimia, mutta siihen on mahdollista liittää sellainen. Ovipuhelimen liittämiskaavaksiin järjestelmä asettaa Rava SIP- tietoliikenneprotokollan joka taas perustuu laajempaan VOIP-protokollaan, joka on hyvin yleisessä käytössä oleva standardi. Ovipuhelimen liittämisen ansiosta saadaan ulko-ovella tai portilla sijaitsevaan vieraaseen näkö- ja puheyhteys. Näytöltä voidaan myös ohjata portin tai oven toimintaa, mikäli ne on liitetty osaksi järjestelmää.

KNX-järjestelmä

KNX-standardia noudattava järjestelmän toimintaperiaate poikkeaa hieman Crestronin vastaavasta. KNX-järjestelmässä suurin osa keskuslaitteista on erilaisiin kiskoihin asennettavia yksiköitä ja ne muistuttavat toisiaan paljon. Tämä mahdollistaa suuren muunneltavuuden järjestelmässä sen elinkaaren aikana.

Kuten aiemmin mainittiin, pyrittiin KNX-järjestelmässä ottaa huomioon vain vakiintuneiden valmistajien, kuten ABB:n tuotteet. Koska kaikkien valmistajien laitteet kuitenkin toimivat saumattomasti keskenään, eikä ABB:lta löytynyt vastaavia tuotteita, tarvitsee keskuslaitteisiin käyttää myös jonkun muun valmistajan esimerkiksi Hagerin tuotteita.

Verrattuna Crestron-järjestelmän laitteisiin vievät KNX-laitteet keskustilassa pienemmän tilan ja niiden koko vaihtelee paljon riippuen järjestelmän koosta. KNX-järjestelmän keskuslaitteisiin voisi kuulua esimerkiksi seuraavat komponentit:

- Serveri, Hager TJA450
- Lisävirtalähde, ABB:n SV/S30.320.5.
- Pääenergiamittari, Hager TE360.
- Energiamittauksen keskusyksiköt ABB SE/S3.16.1
- KNX/IP rajapintayksikkö ja langattoman ohjauksen tukiasema
- Analogiaulostulo, ABB:n AA/S4.1.

Toisin kuin Crestron järjestelmässä, ei KNX-järjestelmällä ole selkeitä keskusyksikkökokonaisuuksia. Sen sijaan jokaista toimintoa tai tehtävää toteuttaa erilliset toisiaan muistuttavat kytkinyksiköt. Nämä komponentit ovat eräänlaisia ohjauslaitteita, jotka sijoitetaan keskustilaan. Ne ohjaavat kentällä sijaitsevia laitteita käyttäjän käskyjen mukaan. Kytkeyksiköjä löytyy erikokoisia riippuen ominaisuuksista. Niiden fyysistä kokoa taas mitataan moduuleilla. Näin virtakiskojen ja keskuksien tarvitsema fyysinen koko on helppo määritellä. ABB käyttää kytkinyksiköiden nimeämisessä niiden sisältämiä lähtömääriä ja virtoja, joten niiden valikoima on helppo tarkistaa luettelosta. Yksiköt asennetaan keskuksella kiinni DIN-kiskoon. Tältä kiskolta yksiköt saavat myös jännitteensä. Ne kaikki saavat oman yksilöllisen osoitteen, jolla järjestelmä pystyy tunnistamaan ja ohjaamaan niitä. Näiden kiskojen sähkönsyöttöä taas järjestelmä kytkee päälle ja pois riippuen käyttäjän tekemistä ohjauksista. Näin asennettaessa voidaan koko kiskoa

ohjata päälle ja pois, jolloin järjestelmän käyttö nopeutuu. Yhteen kiskoon voidaan esimerkiksi kytkeä koko huoneiston valaistus. [17.]

Järjestelmän serverikin on kytkinyksikköä muistuttava Hager TJA450. Se sisältää järjestelmässä käytetyn ohjelmiston, sen jännitesyötön ja erilaisia portteja, joilla siihen voidaan liittyä järjestelmän ulkopuolelta. Serveriä päivitetään mm. USB-liittymän kautta. Serverin ulkoasua muistuttaa tyypillistä sähkölaitekomponenttia, ks. kuva 15.



Kuva 15. Hagerin valmistama TJA450 serveri järjestelmään [18].

Pääenergiamittari TE360 mittaa koko järjestelmässä käytettävän jännitteen ja sillä voidaan mitata niin hetkellinen kulutus, kuin kokonaisvirran kulutuskin. Mittaustietoa siirretään KNX-väylässä ja voidaan esittää esimerkiksi ohjauspaneelissa.

Pääenergianmittauksen lisäksi järjestelmässä voidaan mitata esimerkiksi valaistuksen käyttämää energiaa ABB SE/S3.16.1 mittareilla suoraan sen käyttämästä DIN-kiskosta. Niillä voidaan mitata niin teho, jännite, virta, taajuus kuin tehokerroinkin. Nämäkin syötetään järjestelmään KNX-väylää pitkin.

KNX/IP-muunnin yhdistää KNX-järjestelmän kiinteistön yleiskaapelointiverkkoon. Mikäli järjestelmää haluaa käyttää omalla älylaitteellaan, tarvitsee siihen yhdistää vielä langattoman verkon tukiasema. Tälle ei ole kuitenkaan annettu erillisiä määräyksiä KNX-järjestelmän puolesta. KNX/IP-muuntimella on mahdollista ohjata ja lukea kaikkia KNX-toimilaitteita. Muunnin tarvitsee kuitenkin erillisen lisäjännitesyötön 12 - 30 VDC.

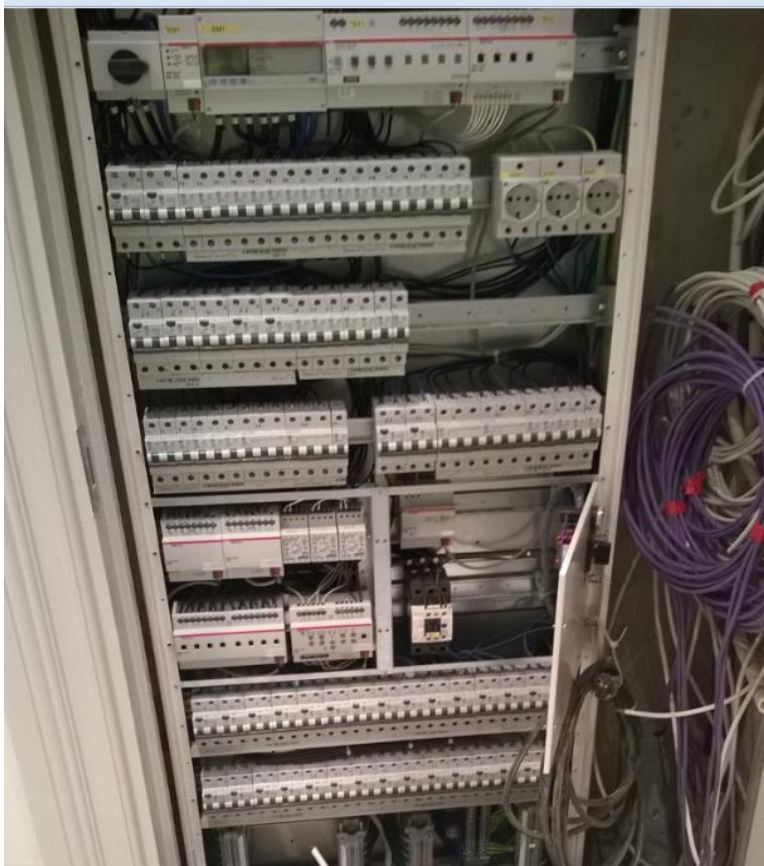
Analogiaulostulo AA/S4.1. mahdollistaa eri jännitetasojen syötön ulos järjestelmästä ja näillä voidaan ohjata joidenkin laitteiden toimintoja. Se pystyy ottamaan vastaan jännitetietoja esimerkiksi palovaroittimista ja niiden avulla ohjata järjestelmää.

Kuvassa 16 esitellään joitakin KNX-järjestelmän kytkinyksiköitä. Kuvassa esiintyvät kytkinyksiköt ovat ABB:n valmistamia.



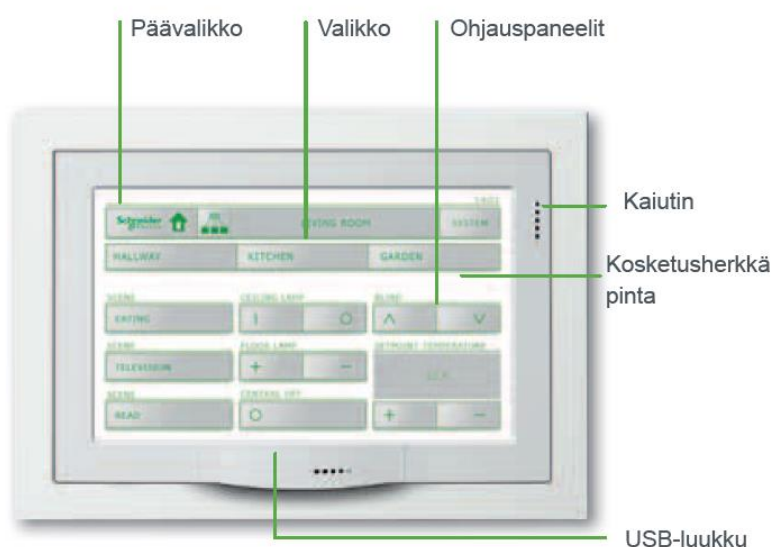
Kuva 16. ABB:n DIN-kiskoon asennettavia kytkinyksiköitä [19].

KNX-järjestelmän keskuslaitteet muistuttavat enemmän perinteisiä sähkökeskuskomponentteja Crestron-järjestelmään verrattuna. Kuvassa 17 esiintyy esimerkkikuva KNX-keskuksen ulkonäöstä.



Kuva 17. KNX-järjestelmän esimerkkikuva keskuslaitteista [17].

Kuten Crestronin tapauksessa, myös KNX-järjestelmässä ohjauspaneelilta hallitaan järjestelmän kokonaisuutta. kosketusnäytöksi kohteeseen voidaan valita esimerkiksi Schneider Electricsin KNX 7". Ohjauspaneelissa on valtavasti valikoimaa aina paneelin ulkoasusta lähtien ja Schneider onkin vain yksi valmistaja monista. Paneelilla ohjataan keskustilassa sijaitsevia kytkinyksiköitä ja sitä kautta kaikkia huoneiston sähkölaitteita, jotka ovat osana järjestelmää. Paneeli on yhteydessä keskustilaan väyläkaapelilla. Ohjauspaneelilta suoritetaan järjestelmän käyttöönotto, josta kerrotaan lisää käyttöönottovaihe ja tulevaisuuden muutokset kappaleessa. Schneiderin valmistama ohjauspaneeli esitellään kuvassa 18. [17.]



Kuva 18. Ohjauspaneelin esimerkkinä Schneider Electricsin KNX 7" kosketusnäyttö [20].

KNX-järjestelmä yhteensopivia ovipuhelimia on markkinoilla useita eri vaihtoehtoja. Ominaisuuksiksi siihen voidaan valita niin kamera kuin erillinen luurikin. KNX yhteensopivia ovipuhelimia valmistaa esimerkiksi ABB ja sen Welcome-sarjan tuotteet ovatkin yleisesti käytössä. Welcome-sarjan ovipuhelin ja siihen kuuluva keskusyksikkö esitellään kuvassa 19 (ks. seur. s.). Tällaisen ovipuhelimen ominaisuuksiin kuuluu mm. pimeälläkin toimiva kamera, mikrofoni ja taustavalaistu näppäimistö. Kameroiden kuvanlaaduissa voi olla suuriakin eroja eri ovipuhelinten välillä. Ovipuhelimeen voidaan yhdistää näyttölaite sisäpuolelle, mutta järkevämpää ja halvempaa on käyttää yleistä ohjauspaneelia. [17.] Welcome-sarjan ovipuhelimia on mahdollisuus ohjata myös etänä, mikäli ne kytketään osaksi KNX-väylää. [21]. Mikäli ovipuhelin aiotaan järjestelmään liittää, tarvitsee se omanlaisensa keskuslaitteen. Tällainen voisi olla esimerkiksi ABB:n Keskusyksikkö, 12U, DIN-ovipuhelinjärjestelmä.



Kuva 19. ABB:n Welcome M -ovipuhelin ja sen keskusyksikkö [21].

6.2 Valaistus, painikkeet ja ohjatut pistorasiat

Kummassakaan järjestelmässä ei panosteta valaisimien valmistukseen ja vaihtoehtoja niissä onkin niukasti. Yleensä valaisimien valinnassa painotetaan paljon ulkonäköä, jolloin järjestelmien omat vaihtoehdot eivät yleensä riitä. Järjestelmillä pystytään kuitenkin ohjaamaan lähes kaikkia markkinoilla olevia valaisimia erilaisten releiden avulla. Tällöin kommunikointi on kuitenkin yksipuoleista, eikä valaisin tiedä muiden valaisimien tiloista.

Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa ohjausjärjestelmillä lukuisilla eri tavoilla. Valaisimia pystytään ohjaamaan järjestelmän omien painikkeiden, näyttöjen, anturien ja ilmaisimien avulla. Tämän lisäksi valaistusta voidaan ohjata langattomasti järjestelmän kaukosäätimillä tai käyttäjän omilla älylaitteilla. Perinteisten painikkeiden kokonaan pois jättäminen ja järjestelmän ohjaaminen pelkästään näytöillä ja liiketunnistimilla on niin ikään mahdollista. Ohjaukseen voidaan käyttää myös mitä tahansa väylässä kulkevaa tietoa esimerkiksi murtohälytyksessä voidaan kytkeä kaikki valot päälle. Painikkeiden ja muiden tunnistimien käyttö ei digitaalisilla järjestelmillä tietenkään rajoitu pelkästään valaistuksen ohjaukseen, vaan niillä voidaan oikein ohjelmoituna ohjata mitä tahansa järjestelmän osia.

Valaistuksen ohjauksen ei myöskään tarvitse olla perinteistä päälle ja pois käyttöä vaan eritasoisia voimakkuuksia voidaan käyttää riippuen valaistuksen halutusta kirkkaudesta. Yleisin tapa on kuitenkin ohjata valaistusta päälle ja pois painikkeilla ja säädellä kirkkautta erilaisten anturien avulla. Tällä tavalla otetaan huomioon esimerkiksi luonnonvalo ja säästetään sähkönkulutuksessa. Valaisimien säätö mahdollisuuksiin vaikuttaa kuitenkin niiden ja käytössä olevien lamppujen laatu. Yksi tapa valaistuksen ohjauksen toteutuksessa on käyttää valaisimissa niiden valmistajien omia järjestelmiä, jotka liitetään osaksi järjestelmäkokonaisuutta. Työssä on kuitenkin pysytty järjestelmäkokonaisuuksissa, eikä tätä tapaa ole huomioitu.

Kohteen valaistuspisteet suunnitellaan molemmissa järjestelmissä kuvassa 4 (ks. s. 13.) näkyville paikoille, jotta niiden vertaileminen on helpompaa. Tietenkin valaistusta voidaan sijoittaa kohteeseen miten vain ja sijoituspaikat ovat vain esimerkkejä. Valonlähteinä molemmissa järjestelmissä on ajateltu käytettäväksi LED-lamppuja.

Valaistuksen lisäksi joitakin päälle/pois ohjattuja pistorasioita lisätään osaksi järjestelmää. Näitä voi käyttää sähkölaitteilla, jotka eivät tarvitse virtaa jatkuvasti, jolloin energiaa säästyy. Pistorasioiden sijainnit ja määrät ovat suunnitelmassa suuntaa antavia ja niitä voidaan helposti lisäillä tai poistaa.

Crestron-järjestelmä

Crestronilla valaistuksen valikoima on toistaiseksi suppea ja hintava, mutta laatu on pidetty korkeana. Yleisvalaistuksessa kohteen olo- ja makuuhuoneessa sopii esimerkiksi Crestron LED-valaisimet CLED-tuoteperheestä, jollainen esitellään seuraavalla sivulla kuvassa 20. Muut kohteessa käytettävät valaisimet ovatkin järjestelmän ulkopuolelta tulevia, eikä niitä ole sen tarkemmin määritetty. Näissä valaisimissa tulee kuitenkin ottaa huomioon himmennuksen vaatimukset. Järjestelmän omia valaisimia käyttäen voidaan tuotteen yhteensopivuuksista järjestelmään kuitenkin aina mennä takuuseen. [7.]



Kuva 20. Järjestelmän LED-valaisin CLED-tuoteperheestä [6].

Valaistuksen ohjelmoinnin voisi järjestelmässä toteuttaa vaikka siten, että valot sytytetään eteisen painikkeesta tai terassilta tultaessa ulko-oven vieressä olevasta painikkeesta. Painikkeet kohteessa ovat mallia C2NI-CB. Painikkeilla on mahdollista himmentää valaisimia esiasetettujen tilanteiden mukaan tai portaattomasti ylös- ja alaspäin. Crestron-järjestelmän painikkeissa ei ole yhtä paljon valinnan varaa, kuin KNX-järjestelmän vastaavissa. Kuitenkin värejä ja hieman erilaisia muotoiluja löytyy eri tuoteperheissä. Crestron-järjestelmässä ei voi käyttää muiden valmistajien painikkeita. Eteiseen on lisäksi laitettu liiketunnistin CH-LMD1, joka voi esimerkiksi sytyttää eteisen valot tai ohjata verhoja auki tai kiinni sen havaitessa liikettä.

Makuuhuoneessa valaistuksen ohjaukseen käytetään ensisijaisesti painikkeita. Sinne onkin sijoitettu painikkeet niin oville kuin sängyn viereenkin. Tiloissa joissa on ikkunoita, eli olo- ja makuuhuoneessa on CH-LD1 valoisuusanturi, joka mittaa ikkunoista sisään tulevaa valoa ja ohjaa valaistuksen kirkkautta sen mukaan. Tämä näkyy vähentyvänä sähkönkulutuksena. [7.]

Kylpyhuoneessa ja vessassa valaistusta ohjataan pääsääntöisesti liiketunnistimella. Kylpyhuoneeseen sijoitetaan kuitenkin 2 painiketta, joilla voi esimerkiksi säädellä saunan ja käsienpesualtaan luona olevia valaistuksia eri voimakkuuksille. [6; 7.]

Crestronin painikkeilla voidaan siis oikein ohjelmoituna ohjata valaistusta missä tahansa huoneiston osassa, koska laitteet ovat kytkettynä samaan väylään. Muutakin kuin valaistusta, kuten televisiota tai kaiuttimia voidaan ohjata näillä painikkeilla. Jokaiseen painikkeeseen kuuluu 4 - 10 eri valintaa, joista jokainen voidaan ohjelmoida säätämään yksittäisen laitteen tilaa. Painikkeisiin voidaan kaivertaa tekstit helpottamaan

järjestelmän käyttöä. Tämä tuo tietenkin lisähintaa painikkeiden hankintaan. Painikkeen toimintoja on mahdollista myös ketjuttaa koskettamaan useampaa laitetta ja luoda näin ollen erilaisia tilanteita. Tällainen tila voisi olla esimerkiksi poissa-tila, joka käytettäessä sulkee verhot ja sammuttaa valot. Langattomasti järjestelmää voidaan hallita esimerkiksi oman äylaitteen tai järjestelmään kuuluvan kaukosäätimen avulla. Omat äylaitteet liitetään järjestelmään CEN-NSP-1-laitteen avulla langattomasti. Laite yhdistää äylaitteet järjestelmään muuntamalla signaalin järjestelmän omaan radioverkkoon. [6; 7.]

Ohjatut pistorasiat liitetään järjestelmään DIN-8SW8-moduulireleen kautta. Tällöin pistorasioilta voi ohjata sähkönsyötön pois esimerkiksi silloin, kun huoneisto on tyhjiällä. Moduulirele sijoitetaan keskustilaan. Järjestelmässä käytettävät erilaiset ohjainlaitteet esitellään kuvissa 21 ja 22. [6; 7.]



Kuva 21. Järjestelmän ohjauslaitteita, älykäs läsnäoloanturi CH-LMD1 (vas.), painikepaneeli Creslight (kesk.) ja Crestron-järjestelmän käyttökytkin C2NI-CB [6].



Kuva 22. Järjestelmän kaukosäädin etäkäyttöön (MTX-3) [6].

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmään ei ole juurikaan suoraan liitettäviä valaisimia markkinoilla, joten siinä kannattaa käyttää releohjattuja valaisimia. Järjestelmän ulkopuolisia valaisimia siis ohjataan keskustilan kautta releellä. Näille valaisimille ei ole juurikaan erityisiä vaatimuksia. Tietenkin esimerkiksi himmennuksen mahdollisuuteen vaikuttaa LED-lamppujen laatu.

Yleisin tapa ohjata valaistusta on tilakohtaisesti painikkeilla. Kohteen painikkeet on sijoitettu pohjapiirustukseen (kuva 4, ks. s. 13.). Painikekytkimien valikoima on KNX-järjestelmässä suurempi kuin Crestronissa, johtuen sen suuresta valmistajamäärästä. Näin ollen näiden ulkonäköön pystytään vaikuttamaan enemmän. Painikekytkimet voidaan KNX-järjestelmässäkin ohjelmoida ohjaamaan valaistuksen lisäksi mitä tahansa järjestelmän osaa, esimerkiksi verhoja tai av-tekniikkaa.

Valaistus voidaan painikkeiden lisäksi ohjelmoida toimimaan liike/läsnäolotunnistimien avulla. Liike/läsnäolotunnistimiakin löytyy monia eri kokoja ja valmistajia sekä mukana tulevilla virtalähteillä, että ilman niitä. Nämä tunnistimet voidaan ohjata toimimaan yhdessä valoisuusanturin kanssa. KNX valoisuusanturi mittaa huoneeseen tulevan auringon valon ja ohjaa valoja sen antamien tietojen mukaan. Langattomaan ohjaukseen on mahdollista valjastaa niin omat älylaitteet, kuin järjestelmän oma kaukosäädinkin. Järjestelmään kuuluvat langattomat laitteet käyttävät tiedonsiirtoväylänä radioverkkoa. Jotta KNX-järjestelmää voidaan käyttää omilla mobiililaitteilla, tarvitsee keskus siis KNX/IP-rajapintayksikön. Tähän tarkoitukseen sopii esimerkiksi Schneider Electricin InSideControl laite. Tämän jälkeen älylaitteeseen täytyy vain ladata järjestelmän maksuton InSideControl-sovellus. KNX-järjestelmän ohjainlaitteiden ulkoasuja esitellään kuvassa 23 ja kuvassa 24 (ks. seur. s.).



Kuva 23. Esimerkkejä järjestelmän kytkimistä ja etäkäytön mahdollistava kaukosäädin [19].



Kuva 24. Esimerkkejä järjestelmän liikkeentunnistimista Vahti-Jussi sarjan läsnäolotunnistin (vas.) ja Luxomat PD9-DIM-KNX/EIB-FP (sis. virtalähteen.) liiketunnistin (kesk.) sekä ABB:n kattoon asennettava valoisuusanturi [19].

6.3 IV-kone

IV-kone järjestelmässä säätelee ilmanvaihtoa. IV-koneen toimintaa on tarkoitus valvoa ja ohjata järjestelmistä. Yleensä IV-järjestelmät käyttävät BACnet- tai Modbus-tiedonsiirto väyliä, joiden liittäminen molempiin järjestelmiin on mahdollista. Myös KNX-väylässä suoraan toimivia järjestelmiä löytyy markkinoilta. Yksittäinen iv-kone voidaan lisätä molempiin järjestelmiin yksinkertaisesti analogista 1 - 10v ohjausta käyttämällä, kuten tässä tapauksessa on järkevintä. Tällöin konetta ohjataan jännite pulssien avulla.

Crestron-järjestelmä

Crestron-järjestelmään on mahdollista saada oma GLA-BMS Modbus-väyläsovitin, jolla IV-järjestelmän/koneen tietoja on mahdollista lukea. BACnet-väylän taas voi liittää suoraan prosessoriin LAN-portin kautta. Crestroniin on mahdollista liittää IV-kone myös esimerkiksi KNX-väylän tai RS485-väylän kautta. Mikäli halutaan käyttää analogista yhdistämistä järjestelmään, voidaan siihen käyttää DIN-AO8-moduulia. Tämä moduulin kautta IV-koneeseen syötetään erilaisia jännitetasoja ja se toimii sen mukaisesti. Myös iv-kone voi syöttää eritasoisia jännitteitä joihin järjestelmä sitten reagoi. [7.]

KNX-järjestelmä

IV-konetta voidaan KNX-järjestelmässä ohjata perinteistä kärkitietoa hyväksikäyttäen. KNX-järjestelmällä tämä toimii analogisen ulostulon jännitetietoa käyttäen ja komponenttina toimii ABB:n AA/S4.1. Crestron järjestelmän tapaan IV-koneen toiminta riippuisi siihen syötettävästä jännitteestä ja näiden välillä tapahtuva liikenne olisi kaksisuuntaista.

Modbus tai BACnet-väylien liittäminen tapahtuu KNX-gatewaylla. Liittämisessä tarvitsee tietää Modbus osoitteet.

6.4 Saunan kiuas

Saunan kiuasta halutaan nykyään monesti mukavuuden takia ohjata saunan ulkopuolelta käsin. Tämä onnistuukin helposti, kun kiukaan liittää osaksi digitaalista järjestelmää. Myös saunan lämpötilan ja ilmankosteuden tiedot halutaan monesti tietää. Kiukaan liittäminen järjestelmään mahdollistaa näiden tietojen saannin järjestelmän ohjauspaneeliin tai vaikkapa omaan älylaitteeseen. Kiukaan kytkeminen digitaaliseen väylään sisältää järjestelmissä kuitenkin joitakin esteitä, joista lisää alempana. [14; 22.]

Crestron-järjestelmä

Crestron järjestelmä ei valmista omaa kiuasta, mutta kiukaan ohjaus on mahdollista liittää järjestelmään releen DIN-8SW8 avulla. Tällä on siis mahdollista ainoastaan ohjata kiuasta päälle ja pois. Tietenkin erilaisia antureita ja ajastimia käyttämällä, voidaan sen päällä oloa säädellä esimerkiksi lämpötilan mukaan ja ajastimella. Tällöin lämpötilaa on mahdollista ylläpitää tietyllä tasolla. Kaikkien kiukaiden yhdistäminen tai käyttö Crestronilla ei kuitenkaan ole mahdollista, koska kiukaassa oleva ajastin saattaa sotkea etäkäyttöä. Tämä on syytä ottaa huomioon kiuasta valittaessa. Kiukaan ajastusta hoidetaan siis erikseen järjestelmän kautta, vaikkapa ohjauspaneelistä käsin. [7.]

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmään suunniteltu kiuas on helppo yhdistää osaksi järjestelmää. Kohteessa kiukaana toimii Tulikivi Sumu E 6,8 kW ja sen valmistaja on suomalainen Tulikivi Oy (kuva 25). Se on yksi harvoista KNX-kiukaista, joita markkinoilta löytyy. Toimiakseen osana järjestelmää kiuas tarvitsee KNX-moduulin SS140 (kuva 25). KNX-moduuli sisältää ns. ”älyn”, jolla kiukaan eri toiminnot toimivat. Moduuli asennetaan kiukaan luokse. Moduuli mahdollistaa kahdenkeskeiseen kommunikointiin järjestelmän ja kiukaan välillä. Se sisältää esimerkiksi lämpötila-anturin, jolla kiukaan ja ympäristön lämpötilaa on mahdollista mitata. Kiuas voi myös lähettää lämpötilatietojen lisäksi esimerkiksi auki tai kiinni tietoja saunan oven tilasta. Tämä edellyttää kuitenkin oven tilatietojen valvomista erillisellä anturilla ja sen liittämistä moduuliin. Kiukaan käyttö luonnistuu KNX-ohjauspaneelin kautta. Siihen voidaan helposti ohjata tiedot kiukaan käyttämästä sähkötehosta ja lämpötilasta. Kiukaaseen olisi saatavilla myös Tulikiven oma käyttöpaneeli, josta kiukaan käyttäminen onnistuu vieläkin helpommin. Kiukaan päälle/pois ohjaus toteutetaan kuitenkin eteiseen sijoitettavalla ohjauspaneelilla. Kuvassa esitellään KNX-kiuas ja siihen liittyvä KNX-moduuli. [14; 22; 23.]



Kuva 25. KNX-kiuas Sumu ja siihen kuuluva KNX-moduuli [23].

6.5 Verhomootorit ja kattoikkunat

Verhojen toimintaa ohjataan sähköisesti usein esimerkiksi toimistotaloissa joissa ikkunoita on useita. Asuinhuoneistossa ne voidaan liittää osaksi järjestelmää tuomaan ylimääräistä mukavuutta. Ikkunoiden eteen tulevia verhoja tai sälekaihtimia ohjataan ohjausjärjestelmällä. Niiden käyttöä voidaan toteuttaa esimerkiksi painikkeilla tai kauko-ohjaimilla. Tämän lisäksi ne kannattaa kytkeä ajastimeen, jotta ulkoa tulevan valon määrää voidaan säädellä kellonajan mukaan. Näin esimerkiksi aamuisin huoneeseen päästetään enemmän valoa. Verhojen käytössä käytetään vain auki tai kiinni vaihtoehtoja, joten liiketunnistimia tai asteittaista säätöä ei näihin kannata käyttää. Kumpikaan järjestelmä ei valmista verhomootoreita itse, mutta lähes minkälaisia kaksisuuntamootoreita tahansa pystytään näillä ohjamaan, kunhan tehot pysyvät sallituissa rajoissa.

Kattoikkunoiden säätö toteutetaan käyttäen samoja moottoreita ja näiden ohjaimia. Tällöin ei ikkunoiden auki jäämisestä esimerkiksi talvella tarvitse murehtia. Kattoikkunoitakin ohjataan painikkeilla ja näytöillä.

Crestron-järjestelmä

Ikkunoiden verhoja ohjataan siis auki ja kiinni verhomootoreilla. Crestron ei itse valmista verhomootoreita, mutta siihen kuuluvilla ohjaimilla pystytään ohjaamaan lähes mitä tahansa kaksisuuntaista moottoria. Verhomootoreiden viereen kojerasiaan asennetaan CH-HRMOT1A-IW liitäntälaitte, joka yhdistää verhomootorin osaksi Cresnet-väylää (kuva 26, ks. seur. s.). Jokaiselle ikkunalle, sähkötoimiselle verholle tai sälekaihtimelle asennetaan oma ja verhomoottori sekä sitä hallitseva ohjain. [7.]

Kattoikkunoiden moottorien ohjaus toteutetaan keskuslaitetilan kautta DIN-2MC2-moottoriohjausmoduulilla. Kattoikkunoita ohjaavat auki ja kiinni kaksisuuntainen moottori.

Verhomoottoriohjaimia pystyy ohjaamaan miltä tahansa siihen tarkoitukseen ohjelmoidulta painikkeelta tai näytöltä. Kattoikkunoita ja verhojen toimintaa kannattaa linkittää myös lämpötilan tai valoisuusanturin antamiin arvoihin.



Kuva 26. Järjestelmän verhomoottoriohjain [6].

KNX-järjestelmä

Verhomoottoreita KNX-järjestelmässä ohjataan paikallisesti KNX-järjestelmän painikkeilla pohjakuvaan sijoitettujen painikkeiden paikalta. Moottoreiden ohjaukseen järjestelmä tarvitsee vain yhden neli-kanavaisen ohjaimen, esimerkiksi ABB JRA/S4.230.5.1 (kuva 27). Sillä voidaan ohjata kanavakohtaisesti kaikkia kohteen verhoja ylös ja alas. Järjestelmän painikkeet ohjaavat verhomoottoriohjainta, joka sijaitsee keskustilassa. Tämä ohjain pystyy ohjaamaan neljää itsenäistä verhomoottoria. Lisäksi ohjaimelta saadaan moottorin tilatiedot ja siihen voidaan ohjelmoida erilaisia valmistilanteita. Verhomoottoreiden tehokkuutta voidaan ohjata asteittain 0 - 100 %. Verhomoottorit taas sijoitetaan verhojen luokse. [14; 17; 22.]



Kuva 27. ABB:n KNX-verhomoottoriohjain JRA/S4.230.5.1 [19].

6.6 AV-järjestelmä

AV-järjestelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa pääosin käyttäjän omia kotielektronikan laitteita kuten televisioita, äänentoistoa sekä ohjelmalähteitä (esim. viritin/vahvistin/radio ja Blu-ray/DVD -soitinta). Nykypäivänä monet näistä av-laitteista sisältävät omat kaukosäätimet ja niiden käyttäminen yhdessä on monimutkaista. Käyttäjillä on usein omat av-laitteensa, eikä niitä varsinaisesti etukäteen suunnitella kohteisiin valmiiksi. Erilaisia kaiuttimia ja näyttöjä sijoitetaan eri tiloihin kuten olo-, makuu- ja jopa kylpyhuoneeseen, joten kuvan/äänensiirtoa tarvitaan yhä monipuolisemmin.

Digitaalisilla järjestelmillä tähän saadaan ratkaisu ja niitä voidaan käyttää, kuten mitä tahansa muutakin järjestelmän osaa. Av-tekniikan käytön osalta järjestelmät eroavat kuitenkin hieman toisistaan. Järjestelmään liittymismahdollisuus käyttäjän omilla laitteilla on otettu huomioon molemmissa järjestelmissä. Ns. ”kiinteään” osaan kuuluu terasille suunnitellut kaiuttimet (kuva 4, ks. s. 13.). Crestron-järjestelmää käytettäessä esitellään järjestelmään kuuluvia kaiuttimia.

Crestron-järjestelmä

Crestron-järjestelmään kuuluu olennaisesti AV-tekniikka. Se onkin panostanut av-laitteiden ohjauksien helpottamiseen ja sen käyttölaitteelta on helppo yhdistellä ohjelmalähteitä, näyttöjä ja kaiuttimia. Av-laitteiden ohjaus toimii järjestelmässä keskuslaitteissa sijaitsevan prosessorin kautta. Huoneiston tapauksessa on järjestelmässä hyvä käyttää apuna DM-MD8x8-matriisia, joka hoitaa kaiken tyyppisen kuva- ja äänisignaalin jakamisen yhteensä kahdeksaan eri näyttöön ja kaiuttimeen. Prosessori ohjaa av-laitteita tämän matriisin läpi verkon yli. Matriisiin voidaan liittää käyttäjän omat ohjelmalähteet, kuten digisovitin ja DVD/Blu-ray-soittimet suoraan esimerkiksi HDMI-kaapelin avulla. Näistä matriisi sitten jakaa erotettuna kuva- ja äänisignaalia ympäri huoneistoa, käyttäjän haluamaan paikkaan. Ohjelmalähteiden käyttöä voidaan ohjata niin Crestron näyttöpaneelin/kaukosäätimen kautta, kuin langattomastikin omalla älylaitteella. [7; 16.]

Televisioiden yms. näyttöjen kytkentä tapahtuu edellä jo mainittuihin parikaapelivastaanottiin DM-RMC-4K-SCALER-C. Kytkennän voi toteuttaa niin pari- kuin valokuitukaapelilla. Jokaiselle näytölle täytyy asentaa oma parikaapelivastaanotin, mikäli niissä halutaan näyttää eri kuvaa. Parikaapelivastaanottimen ja näytön yhteen kaapelointi voidaan toteuttaa huomaamattomasti esimerkiksi RJ45-rasioiden kautta. Jotta näytöt

saadaan yhdistettyä parikaapelivastaanottiin, on niissä siis oltava liitinpaikka parikaapelille. Mikäli ei ole voidaan näytön viereen asentaa vaikka DM-RX-1G-seinärasia, jonka avulla parikaapelivastaanotin voidaan yhdistää näyttöön käyttäen HDMI-kaapelia. [7; 16.]

Crestron-järjestelmässä käyttäjän omat ohjelmalähteet sijoitetaan keskuslaitetilaan. Tämä vähentää niiden kaapelointietäisyyksiä merkittävästi. Laitteita voidaan kuitenkin ohjata koko huoneistossa joko erikseen hankittavalla kaukosäätimellä, ohjauspaneelilla tai omalla tabletilla/älypuhelimella. Omat älylaitteet yhdistetään järjestelmään CEN-NSP-1 audiostreaming-laitteen avulla langattomasti. Kännyköillä ja tableteilla vaatimuksina ovat joko Android- tai Applen iOS-käyttöjärjestelmä. Tämän lisäksi käyttöön tarvitaan Crestron-järjestelmän oma, vapaasti saatavilla oleva sovellus.

CEN-NSP-1 ohjaa langattomasti kuvaa ja ääntä näytöille, käyttäen IOS/Android-pohjaisia älylaitteita. Siirtotekniikkana laite käyttää patentoitua AirPlay tekniikkaa. Käyttöjännitteen laite saa parikaapelin avulla suoraan verkosta.

Crestronilta löytyy todella paljon kaiuttimia ja nykyään myös upotettavat kattokaiuttimet ovat toimiva ratkaisu. Esimerkkeinä kaiuttimista voisi sisäasennukseen olla upotettavat kattokaiuttimet tyypiltään ASPIRE IC6-W-T. Vastaavasti terassille ulkotilaan sopivat pintaan tulevat AIR SR6-W-T-tyypin kaiuttimet. Kaiuttimet kytketään tähtimäisesti SWAMPI-24x8-keskusyksikköön, joko suoraan kaiutinkaapelilla tai XLR-rasioiden kautta. Kaiuttimien ulkoasuja esitellään kuvassa 28 [6; 7.]



Kuva 28. Järjestelmän kaiuttimet ASPIRE IC6-W-T (vas.) ja AIR SR6-W-T [6].

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmän tunnetuimmat valmistajat eivät valmista Av-laitteita, eikä tähän olla järjestelmässä liiemmin panostettu.

6.7 Energian- ja lämpötilanmittaus

Suomessa rakennusten kokonaisenergiankulutus on jopa 40 prosenttia koko maan energiankulutuksesta. Rakennusautomaatiota käytettäessä on tätä kulutusta mahdollista leikata helposti ja mukavuudesta tinkimättä. Sen avulla voidaan esimerkiksi ohjata sähkölaitteita erilaisten ulkoisten signaalien, kuten ajan ja kulutushuippujen mukaan ja parantaa niiden energiatehokkuutta. [24]. Lämpö- ja energianmittauksessa useat kiinteistön omistajat haluavat tietää oman energiankulutuksensa vähintään tilakohtaisesti. Digitaalisilla järjestelmillä tätä kulutusta on helppo valvoa ja saada energiasyöpöt sähkölaitteet kuriin. Myös lämpötilojen säätö huonekohtaisesti on usein tarpeen.

Crestron-järjestelmä

Energianmittaus on mahdollista tehdä Crestron-järjestelmällä niin kiinteistö-, huoneistokuin laitekohtaisesti. Energianmittaamiseen käytetään tässä tapauksessa valmistajan omaa GLS-EM-MCU energianmittauskeskusta (kuva 29, ks. seur. s.). Liittämällä se osaksi mitattavan alueen sähköpiiriä se mittaa sähkönkulutuksen reaaliajassa. Tietoja järjestelmän sähkönkulutuksesta on mahdollista saada jopa laitteen tarkkuudella. Yleensä kuitenkin laitteen tarkkuudella mittaaminen on tarpeetonta ja suunnittelukohteessa energiankulutusta mitataankin ainoastaan huonetarkkuudella. Tarkempaa sähkönkulutusta mitatessa, tai jos sähköä halutaan mitata useammasta haarasta, täytyy siihen liittää GLS-EM-CTI-virtamuuntaja. Nämä virtamuuntajat liitetään haluttujen sähkölaitteiden syöttöpiiriin, joista ne mittaavat sähkölaitteen tai alueen virran ja jännitteen. Näitä tietoja käyttämällä keskusyksikkö pystyy laskemaan sähkötehon kulutuksen, jota se sitten syöttää eteenpäin esimerkiksi ohjauspaneeliin, josta sitä voidaan helposti tarkkailla.

Yhteensä tällainen virtamuuntaja pystyy mittaamaan 21 eri aluetta/laitetta. Muuntajia taas on mahdollista liittää energiakeskusyksikköön 4 kappaletta, joten mitattavia haaroja voi energianmittausjärjestelmässä olla yhteensä 84. Energian mittaaminen

yhdistetään osaksi Crestron-järjestelmää kaapelilla RS232-väylää käyttäen. Se on mahdollista yhdistää LAN-verkon kautta vaikkapa yleiskaapelointirasioiden avulla [6; 7.]



Kuva 29. Järjestelmän energiamittauskeskus GLS-EM-MCU [6].

Lämpötila- ja kosteusanturi CH-RTHS-N voidaan sijoittaa kojerasia-asennuksena huoneiden seinille, joista se välittää reaaliaikaisen tiedon keskusyksikölle ja tätä kautta ohjauspaneelin näytölle [25]. Anturin ulkonäköä kuvataan kuvassa 30.



Kuva 30. järjestelmän lämpötila- ja kosteusanturi CH-RTHS-N [6].

KNX-järjestelmä

Huoneistokohtainen energianmittauksen monitorointi toteutetaan KNX-järjestelmän energiamittareilla (kuva 4, ks. s. 13.). Myös KNX-järjestelmällä olisi mahdollista mitata jännitettä vaikka laitekohtaisesti, mutta se edellyttäisi, että jokaisen laitteen ja keskuksen väliin kytkettäisiin oma anturinsa. Tämä ei ole järkevää ja sen sijaan järjestelmässä kannattaakin mitata erilaisten kokonaisuuksien energiankulutusta. Esimerkiksi valaistuksen ja muun kuorman voisi asentaa eri kiskoihin keskustilassa. Tällöin energiankulutuksen havainnointi ja visualisointi eriteltäisiin näiden kiskojen tarkkuudella. Mitattavaksi arvoiksi saataisiin siis

- kokonaiskulutus
- valaistuksen kulutus
- muun kuorman (ei sis. valaistus) kulutus.

Järjestelmä toteutetaan siten, että näistä saadaan aktiivinen kulutus, sähköiset arvot sekä kulutuksen seuranta. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli jompikumpi kiskoista alkaa kuluttamaan paljon energiaa se huomataan nopeasti.

Lämpötilanmittaukseen KNX-suunnitelmassa käytetään ABB:n KNX termostaattia (kuva 31). Huonetermostaatti ei tarvitse väyläliitintäyksikköä (BCU), vaan se voidaan suoraan kytkeä kiinni väylään. Termostaatissa on oma näyttönsä ja sillä voidaan ohjata huoneen lämpötilaa. Esimerkiksi poissa-tilassa se voi kytkeä lämmityksen pienemmälle sähkön säästämiseksi. Yksi termostaatti laitetaan kylpyhuoneeseen, josta tilan lattialämmitystä on helppo säädellä. [17.]



Kuva 31. ABB:n valmistama KNX-termostaatti [19].

6.8 Lattialämmitys

Lämmityksiä ohjataan yhä kasvavissa määrin sähköllä. Erilaiset lämmitysjärjestelmät on tärkeää ottaa osaksi ohjausjärjestelmää. Yhteisen järjestelmän ansiosta erilaiset lämpötilanohjaukset eivät toimi ristiin ja turhaa sähkönkulutusta voidaan välttää. Esimerkiksi ilmastoinnin ei pidä viilentää asuntoa samalla, kun lattialämmitys lämmittää sitä. Kohteessa on tehty sähkölämmitys kylpyhuoneeseen ja vessaan, muuten huoneiston lämmitystä ei ole otettu huomioon tässä työssä. Lattialämmitystä ohjataan ensisijaisesti termostaattilla kylpyhuoneen seinältä.

Kumpikaan järjestelmä ei valmista lattiaa lämmittäviä tuotteita, mutta markkinoiden lattialämmityskaapeleilla voidaan liittyä järjestelmien termostaatteihin ja sitä kautta osaksi järjestelmiä.

Crestron-järjestelmä

Crestron ei itse valmista sähköisen lattialämmitysjärjestelmän lämmityskaapeleita. Käyttämällä markkinoilla olevia sähkölämmityskaapeleita voidaan järjestelmän termostaatteihin kuitenkin liittyä. Tällä tavalla toteutettuna kommunikointi on yksipuolista järjestelmältä lämmityskaapeleille. Kuitenkin kaapeleiden lämmitystä voidaan ohjata lämpötilan tai ajastuksen mukaan joko termostaatilta tai järjestelmän ohjauspaneelilta.

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmää käytettäessä voidaan lattialämmityskaapeli yhdistää suoraan sitä ohjaavaan termostaattiin, jolloin lämpötilaa on helppo säädellä.

KNX-järjestelmään löytyy suoraan lämmitysohjaimia, joilla pystyy ohjaamaan vesikierroksen lattialämmityksen jakotukkiin tulevia venttiiliohjaimia. Sitä voidaan ohjata esimerkiksi releellä. Johdotus voidaan tehdä keskukselta suoraan tai sitten ohjaava laite viehdään jakotukin luokse, jolloin sen voi kytkeä samaan väylään nappien kanssa. Tällöin tietysti tarvitaan lisäksi käyttöjännite toimilaitteille. [22.]

6.9 Murto- ja palovaroitinjärjestelmä

Murto- ja palovaroitinjärjestelmien liittäminen järjestelmään kannattaa. Poissa ollessa voidaan järjestelmää valvoa erilaisilla antureilla. Murtohälytysjärjestelmään kuuluu kohteessa ulko-ovien valvonta. Tämän lisäksi huoneiston ollessa tyhjiään, tulee sitä valvoa järjestelmään kuuluvilla liikeilmaisimilla. Molemmissa järjestelmissä murtohälytysjärjestelmästä voidaan tehdä ohjauksia esimerkiksi valaistukseen esimerkiksi ohjaamalla murtohälytystiedon saadessa kaikki valot päälle. Järjestelmät voidaan ohjelmoida niin, että ne ilmoittavat päällä olevan tilanteen joko huoneiston omistajille tai viranomaisille.

Paloilmoitinjärjestelmää ei kummallakaan järjestelmällä pystytä toteuttamaan johtuen tiukoista palomääräyksistä. Palovaroittimien tiedot voidaan kuitenkin yhdistää järjestelmään ja esimerkiksi tällöin vaikka sammuttaa IV-kone ja sytyttää valot. Esimerkiksi palotilanteessa järjestelmä voi näin estää lisävahinkojen syntyä ja ohjata turvallisesti ulos. Palovaroittimissa onkin vaatimuksena ainoastaan jonkinlainen ulostulo. Yleinen tällainen ulostulo on analoginen jännitetieto, jota voidaan käyttää hyväksi digitaalisissa järjestelmissä. Tällöin tietojen siirto on kuitenkin yksipuolista. [22.]

Crestron-järjestelmä

Murtohälytysjärjestelmien valmistajia on useita erilaisia, joten niiden liittäminen osaksi Crestron-järjestelmää voi tapahtua monella eri tavalla. Useiden murto- ja palovaroitinjärjestelmien liittäminen Crestronin-järjestelmään onnistuu RS232 väylän avulla järjestelmän prosessoriin tai ST-COM-portin kautta osaksi Cresnet-väylää. Vertailtavassa kohteessa järjestelmät yhdistetään siis RS232-väylällä osaksi järjestelmää, jolloin ne pystyvät kommunikoimaan vuorosuuntaisesti. Tällöin myös Crestron käyttöpaneelistä voidaan kuitata hälytykset pois paikanpäältä tai etäkäytössä muualta käsin. Langaton yhdistäminen esimerkiksi W-LANin kautta on mahdollista Crestron-järjestelmän puolelta. Järjestelmän omia liiketunnistimia voidaankin käyttää osana murtohälytysjärjestelmää esimerkiksi poissa-tilaa käyttäessä.

Kuten aiemmin mainittiin, ei paloilmoitinjärjestelmää ole mahdollista toteuttaa Crestron-järjestelmän tuotteilla. Kuitenkin palovaroitin järjestelmän pystyy valmistajasta riippuen liittämään osaksi Crestron-järjestelmää. Esimerkiksi analogisen jännitetiedon avulla niin, että palovaroittimet lähettävät yksipuoleisesti tietoa järjestelmään. [7.]

KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmään pystytään liittämään useimpien valmistajien murtohälytysjärjestelmiä. Yleensä niillä liitytään KNX-järjestelmään väyläsovittimien avulla, joko RS232-väylän kautta tai vain yksinkertaisesti tilatiedon kautta. Järjestelmän näyttö toimii käyttöpaneelina ja ohjauksena murtoilmaisimille. Murtohälytykseen voidaan käyttää järjestelmän omia liiketunnistimia, esimerkiksi lomalla ollessa. Myös KNX-järjestelmässä virheellisiä hälytyksiä on mahdollista kuitata etäältä.

Yleensä palovaroittimet antavat siis ulos ainoastaan analogista jännitetietoa. Tällöin niiden järjestelmään liittäminen on yksipuoleista, mutta mahdollista. Tietyiltä palovaroittimilta voidaan käyttää tilatietoa KNX-järjestelmän binäärivastaanottoon, joka palon sattuessa esimerkiksi kytkee irti turhan sähkönsyötön laitteille ja sammuttaa IV-koneen. [22.]

6.10 Käyttöönotto vaihe ja tulevaisuuden muutokset

Ennen kuin järjestelmä voidaan ottaa käyttöön, se pitää ohjelmoida huolellisesti käyttäjän kanssa ja tämän toiveet huomioiden. Tämä vaihe onkin erittäin tärkeä, jotta järjestelmästä saadaan sen parhaat hyödyt irti. Järjestelmiä ohjelmoidessa niistä löytyykin huomattavasti eroja. Kaikkien järjestelmien ohjelmointi kannattaa tehdä asiantuntijan ja käyttäjän kanssa yhteistyössä. Ohjelmointi kannattaa tehdä kerralla huolellisesti, jotta se saadaan kerralla kuntoon. Käyttöönotto vaiheen lisäksi järjestelmän muokattavuus on tärkeää tulevaisuudessa, jos tilojen käyttötarkoitusta muutetaan tai niiden käyttäjä vaihtuu.

Crestron-järjestelmä

Crestron-järjestelmän ohjelmointi on pyritty tekemään helpoksi. Se tapahtuu helposti käytettävän ja vapaasti saatavilla olevan älylaite sovelluksen avulla. Ohjelma on Crestron VT-Pro-e ja sillä voidaan määrittää kosketuspaneelisivujen ulkoasu ja nappien toiminnot. Ohjelmoinnin ja järjestelmän käyttöönoton pystyy parhaassa tapauksessa suorittamaan kuka tahansa hieman tietotekniikkaa osaava. Kuitenkin parhaan mahdollisen lopputuloksen kannalta kannattaa apuun palkata ammattilainen. Tämä varmistaa myös sen, että järjestelmä tulee kerralla kuntoon. [6.]

KNX-järjestelmä

KNX-standardi takaa että kaikkien eri valmistajien KNX-tuotteet toimivat keskenään. Ohjelmointivaiheessa voi siis olla varma siitä, että järjestelmän saa toimimaan, vaikka tuotteet tulisivatkin eri valmistajilta. Tämä antaa mahdollisuuden kilpailuttamiseen, mitä tulee laitteiden hankintaan. Eri valmistajia käytettäessä huomaa eron kuitenkin järjestelmän ohjelmoinnissa.

KNX-järjestelmän ohjelmointi tehdään ETS-ohjelman avulla. ETS-ohjelma on valmistajasta riippumaton suunnittelu- ja käyttöönotto työkalu. Se toimii tietokoneella, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä. KNX-laitteiden valmistajasta riippuen voi ohjelmaa käytettäessä ilmetä parametri- tai nimeämiseroja. Tämän takia ohjelmoijan tulee tietää tarkalleen käytettävän datan tiedot. Mikäli nämä tiedot ovat hallussa, ei ohjelmoinnissa kuitenkaan pitäisi tulla isompia ongelmia. Tässä työssä esitetyn kokoisessa kokonaisuudessa pitäisi ammattilaisen suoriutua ohjelmoinnista yhdessä päivässä. Käyttäjä ei siis pysty itsenäisesti hoitamaan järjestelmän ohjelmointia, mikäli ei omista ETS-ohjelman lisenssiä. Tämän lisenssin arvo on noin tuhat euroa ja se on aina tietokonekohtainen.

Myös tulevaisuudessa järjestelmän muuttaminen vaatii ETS-ohjelmistoa ja ammattilaisen paikalle kutsumista. Esimerkiksi painikkeiden lisääminen onnistuu ohjelmalla kuitenkin suhteellisen helposti eikä siinä pitäisi ammattilaisella montaa työtuntia kestää. ETS-ohjelmalla valitaan toimilaitteet, linkitetään ne ja asetetaan halutut parametrit niille. Ohjelmoinnin tuloksena muodostuu projektitietokanta, joka sisältää laitteiden asetusarvot. [10.].

7 Yhteenveto

Crestron- ja KNX-järjestelmiä on hieman hankala vertailla, koska niiden vahvuudet löytyvät eri osista. Crestron-järjestelmän vahvuudet löytyvät selvästi av-tekniikasta. Järjestelmävalmistajana se valmistaakin useita eri av-laitteita, kuten kaiuttimia. Crestron on lisäksi käyttäjäystävällisempi mitä tulee ohjelmointiin. KNX-järjestelmään taas löytyy useita laitevalmistajia ja enemmän mahdollisuuksia valita laitteiden ulkoasusta. KNX on lisäksi tunnetumpi ja saanut enemmän jalansijaa etenkin Euroopassa. Valmistajien suuren määrän takia KNX-tuotteiden hinnat ovat alhaisemmat kuin Crestronin, joka ainoana valmistajana tuottaa oman järjestelmänsä komponentteja. Toisaalta tällöin voidaan varmistua järjestelmän sulavasta toiminnasta.

Nykytekniikan ansiosta on molemmilla järjestelmillä mahdollista toteuttaa lähes minkälaisia järjestelmäkokonaisuuksia tahansa, mikä on omalta osaltaan vaikeuttanut näiden vertailua toisiinsa. Järjestelmien sovellukset ja tuotteet kehittyvät kovaa vauhtia jolloin työssä kerrottujen tietojen paikkansapitävyys on kyseenalaista lähitulevaisuudessa.

Järjestelmien erilaisten vahvuuksien takia niitä käytetään monesti erityisesti niille soveltuvissa kohteissa tai yhdessä muiden digitaalisten järjestelmien kanssa. Crestron-järjestelmää kannattaa suosia etenkin neuvottelutiloissa. KNX-järjestelmää suositellaan taas laajoissa toimistorakennuksissa. Useita eri järjestelmiä yhdistelevä käyttö on kuitenkin edelleen yleisin tapa hyödyntää digitaalisia järjestelmiä. Järjestelmien integroinnin helpottamiseen ja monipuolisuuteen panostetaan koko ajan enemmän ja enemmän.

Koska järjestelmillä ei oikeasti ole toteutettu samaa kohdetta, niiden mahdollisista toteutuksen, käyttöönoton ja varsinaisen käytön eroavaisuuksista on vaikea kertoa. Kuitenkin vastaavia kokonaisuuksia on toteutettu molemmilla järjestelmillä. Todennäköisesti digitaalisten järjestelmien hyväksikäyttö tulee lisääntymään kaikenlaisessa uudisrakentamisessa.

Lähteet

1. Sulki, Jukka. 2015. ST 710.01 Avointa väylätekniikkaa hyödyntävän hankkeen yleisohje. Espoo: Sähköinfo Oy.
2. KNX. Verkkodokumentti. ABB Oy. <http://www.asennustuotteet.fi/67/KNX-taloautomaatio%20on%20Standardi%20_FIN1.html> Päivitetty 2014. Luettu 21.12.2014.
3. Piikkilä, Veijo. 2012. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
4. Piikkilä, Veijo. 2008. ST 701.60 Kenttäväylätekniikka. Espoo: Sähköinfo Oy
5. DALI-järjestelmä. 2001. Verkkodokumentti. DALI AG. <http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf > Päivitetty 2014. Luettu 3.12.2014.
6. Crestron-järjestelmä. 2014. Verkkodokumentti. Crestron <[Www.crestron.eu](http://www.crestron.eu)> Päivitetty 2015. Luettu 12.4.2015
7. Sarjala, Toni. 2015. Maahantuoja, Digital AV Control Oy, Espoo. Sähköposti 13.3.2015
8. Piikkilä, Veijo. 2015. KNX. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
9. KNX-järjestelmä. 2014. Verkkodokumentti <<http://severi.sahkoinfo.fi/item/5322?search=knx>> Espoo: Sähköinfo Oy Luettu 8.4.2015.
10. KNX-järjestelmä 2015. Verkkodokumentti <www.KNX.fi> (kohta ammattilaisille) Luettu 8.4.2015
11. KNX. Verkkodokumentti. ABB OY. <http://www.asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/KNX_Jarjestelmaopas_92012.pdf> Päivitetty 2014. Luettu 8.4.2015.
12. Piikkilä, Veijo. 2006. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin.
13. Piikkilä, Veijo. 2011. Väylätekniikka (KY0008) Osa III. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
14. Mäkinen, Jukka. 2015. Ohjelmot, LJM Sähkö Oy, Espoo. Haastattelu 12.2.2015
15. Jäsenet ja jäsenmäärät. 2014. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. <<http://www.stul.fi/Default.aspx?id=2332>> Luettu 8.4.2015
16. Sarjala, Toni. 2014. Maahantuoja, Digital AV Control Oy. Vantaa. Haastattelu 19.12.2014

17. Sweco Talotekniikka Oy. 2014. KNX-Suunnittelukohteen muistio.
18. Hager kiinteistöautomaatio KNX-väyläohjaustuotteet. 2014. UTU Powel OY.
<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/12fi0477_kat_tebis_knx_kallysto_web.pdf>
Päivitetty 2014. Luettu 8.4.2015.
19. KNX-taloautomaatio Tuoteluettelo. 2012. ABB-OY.
<http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012/files/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012.pdf> Päivitetty 2012. Luettu 8.4.2015. (KUVIA)
20. KNX-tuoteluettelo. 2010. Schneider Electric Finland Oy.
<<http://www.sahkonumerot.fi/2820107/doc/catalogue/>> Päivitetty 2010. Luettu 8.4.2015.
21. ABB-ovipuhelinjärjestelmät. 2014. ABB Oy.
<http://www.asennustuotteet.fi/documents/brochures/ABB-Welcome_FI_092014_LR.pdf>
Päivitetty 2014. Luettu 8.4.2015.
22. Mäkinen, Jukka. 2015. Ohjelmoija, LJM Sähkö Oy, Espoo. Sähköposti 23.3.2015
23. Tuoteseloste. 2015. Verkkodokumentti. Tulikivi Oy <http://www.tulikivi.fi/tuotteet/Sumu_E>
Päivitetty 2015. Luettu 8.4.2015.
24. Sähkölämmitys on ympäristöystävällinen valinta. 2015. Verkkodokumentti. Sähköala.fi
<http://www.sahkoala.fi/koti/lammitys/fi_FI/sahkolammitys/> Päivitetty 2014. Luettu 8.4.2015
25. Sweco Talotekniikka Oy. 2014. Crestron-järjestelmän muistio